การประเมินสมรรถนะในการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้เขียนของนักเรียนรอบเหมืองแร่ทองคำโดยใช้หลักการของฟิตส์และสเตียริง

นายภาณุพงศ์ ทองประสิทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A PERFORMANCE EVALUATION OF FINE MORTOR CONTROL FOR WRITING OF STUDENT AROUND A GOLD MINING BASED ON FITTS AND STEERING'S LAW

Mr. Panupong Thongprasit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินสมรรถนะในการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้เขียนของนักเรียนรอบเหมืองแร่ทองคำโดยใช้หลักการของฟิตส์และสเตียริง
โดย	นายภาณุพงศ์ ทองประสิทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาณุพงศ์ ทองประสิทธิ์ : การประเมินสมรรถนะในการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้เขียนของนักเรียนรอบเหมืองแร่ทองคำโดยใช้หลักการของฟิตส์และสเตียริง (A PERFORMANCE EVALUATION OF FINE MORTOR CONTROL FOR WRITING OF STUDENT AROUND A GOLD MINING BASED ON FITTS AND STEERING'S LAW) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, หน้า.

พัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเด็กระดับประถมศึกษา เมื่อเด็กนักเรียนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะอย่างยิ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อมส่งผลให้พัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กหยุดชะงักลงได้ จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียสมรรถนะกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้ในการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลบนแท็บเล็ตของนักเรียนอายุ 9-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ จำนวน 116 คน และที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 68 คน ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 9241-9 ทำการวิจัยการทำงานตามกฎของฟิตส์สำหรับงานแตะและสเตียริงสำหรับงานลาก จากผลการวิจัยพบว่าค่าสมรรถนะเฉลี่ยของงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสอดคล้องตามพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็กตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำการทำงานแตะและลากไม่สอดคล้องกับพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็ก จากค่าสถิติยังพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ของนักเรียนทั้งการทำงานแตะและลากสามารถแสดงถึงความผิดปกติของสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนเบื้องต้นได้ นอกจากนี้ทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนจากระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานต่ำกับค่าสมรรถนะของนักเรียน พบว่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของระดับดัชนีความยากของงานสูงและค่าสมรรถนะสำหรับการทำงานลากของนักเรียนบางกลุ่มสามารถใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์ของปริมาณสารเคมีที่สะสมในร่างกายได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5870217521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: FINE MOTOR / FITTS' LAW / STEERING LAW / INDEX OF DIFFICULTY / INDEX OF FERFORMANCE

PANUPONG THONGPRASIT: A PERFORMANCE EVALUATION OF FINE MORTOR CONTROL FOR WRITING OF STUDENT AROUND A GOLD MINING BASED ON FITTS AND STEERING'S LAW. ADVISOR: ASST. PROF. PHAIROAT LADAVICHITKUL, Ph.D., pp.

The development of the fine motor is important to the growth of students in primary school. When the students live in the environment which is particularly contaminated by chemical substances, their fine motor is affected to stop developing. The research compared the performance of the fine motor by digital pen writing on the tablets of the 9-12-year-old students: 116 students living around the mine gold and 68 living in Bangkok; regarding to ISO 9241-9 standard. The research applied Fitts' Law for tapping test, as well as Steering Law for dragging test. The experimental results showed that the average index of performance of dragging test in Bangkok students is consistent with the growth of fine motor as increasing age. Meanwhile, the average index of performance of dragging and tapping in students living around the gold mine is not consistent with the development of their fine motor. Furthermore, the statistic shows that the movement time of the 3 indexes of difficulty in dragging and tapping of the students can initially show the abnormality of the performance to use the fine motor through writing. Additionally, the experiment grouped the students from the movement time of the difficulty in low level with their performances found that the movement time of the index of difficulty is high, and the dragging performance of some groups of the students can be referred to investigate the relation of the quantity of chemicals stored in human body.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและแนวทางจาก ผศ. ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.นพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล รวมถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำชี้แนะแนวทางการวิจัย ผู้วิจัยขอถือโอกาสขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่ให้โอกาสสนับสนุนในการศึกษามาตลอด รวมถึงโรงเรียนของผู้ทดลองทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฐ
หน้า ..... ฐ
สารบัญรูป ..... ณ
หน้า ..... ณ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 7
1.5.1 การศึกษาทฤษฎี 7
1.5.2 การออกแบบการทดลอง 7
1.5.3 การทดสอบ 8
1.5.4 ขั้นตอนในการทดลอง 9
1.5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง 9
1.5.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
2.1 เหมืองทองคำ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.1.1 แหล่งแร่ทองคำในประเทศไทย 11
2.1.2 กระบวนการผลิตทองคำ 11
2.1.3 สารเคมีและผลกระทบต่อสุขภาพของการผลิตแร่ทองคำ 12
2.1.4 ผลกระทบการทำเหมืองแร่ทองคำ 13
2.2 กล้ามเนื้อมัดเล็ก 17
2.2.1 ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก 17
2.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก 18
2.2.3 กิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก 19
2.2.3.1 ความสำคัญของกิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก 20
2.2.3.2 ประโยชน์ต่อเด็กที่ได้จากกิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก 21
2.2.3.3 กิจกรรมที่ส่งเสริมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก 22
2.2.4 วิธีการประเมินพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก 25
2.3 พัฒนาการการเขียนและการจับดินสอของเด็ก 28
2.3.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียน 31
2.3.2 ลักษณะการเขียนและพัฒนาการเขียนของเด็ก 32
2.3.3 พัฒนาการด้านการขีดเขียนของเด็ก 33
2.3.4 การจับดินสอ 34
2.3.5 กิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการเขียน 35
2.4 ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) 36
2.4.1 ความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (Intellingence Quotient ; IQ) 37
2.4.2 แมงกานีส (Manganese) 38
2.4.3 สารหนู (Arsenic) 38
2.5 การประเมินสมรรถนะในการทำงานโดยอาศัยแนวคิดของฟิตส์และสเตียริง 40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.5.1 แนวคิดของฟิตส์ (Fitts' Law) 40
2.5.2 แนวคิดของสเตียริ่ง (Steering Law) 42
2.5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกฎของฟิตส์ และกฎของสเตียริง 43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 46
3.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย 46
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 47
3.3 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง 50
3.4 การออกแบบและกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง 51
3.5 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง 52
3.6 สมมติฐานการทดสอบ 53
3.6.1 ทดสอบระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ในการใช้งาน 53
3.6.2 ทดสอบสมรรถนะในการใช้งาน 55
3.7 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล 57
3.8 แผนผังขั้นตอนการทดสอบ 58
3.9 การวิเคราะห์ผล 59
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 60
4.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะสมรรถนะการใช้ข้อมือในการเขียน 62
4.1.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานแตะตามแนวคิดของฟิตส์ 62
4.1.1.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานแตะตามแนวคิดของฟิตส์ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 62
4.1.1.2 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานแตะตามแนวคิดของฟิตส์ของนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณรอบเหมืองทองคำ 65
4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานลากตามแนวคิดของสเตียริง 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.1.2.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานลากตามแนวคิดของสเตียริงของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 69

4.1.2.2 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานลากตามแนวคิดของสเตียริงของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ 72

4.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ 75

4.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับเกินเกณฑ์มาตรฐาน 77

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก 78

4.3.2 การเปรียบเทียบความสามารถของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับเกินเกณฑ์มาตรฐาน 81

4.4 การเปรียบเทียบย้อนกลับของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ 83

4.5 ความสัมพันธ์ของการใช้ข้อมือสำหรับการเขียนของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำร่วมกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarker) 87

4.5.1 ผลความสัมพันธ์ของความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ 88

4.5.1.1 ผลของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ 88

4.5.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำของแต่ละกลุ่ม 89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ 97
4.5.2.1 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ ของงานแตะ 98
4.5.2.2 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ ของงานลาก 102
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 108
5.1 สรุปผลการวิจัย 108
5.1.1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมรรถนะนักเรียนในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบเหมืองทองคำ 108
5.1.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของนักเรียนในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบเหมืองทองคำ 110
5.1.3 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบเหมืองทองคำ 110
5.2 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย 112
5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต 113
..... 114
รายการอ้างอิง 114
ภาคผนวก ก สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะของนักเรียน 123
ภาคผนวก ข สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยและดัชนีความยากของงานของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงอายุ 133
ภาคผนวก ค ค่าทางสถิติของฟิตส์และสเตียริงของกลุ่มนักเรียนที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและเกินเกณฑ์มาตรฐาน 136
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์สมมติฐาน 141
ภาคผนวก จ สมการถดถอยเชิงเส้นตรงของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ 147

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 158

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สิ่งคุกคามสุขภาพและผลกระทบต่อสุขภาพ 13

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานด้านสุขภาพ 14

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขของดัชนีความยากของงาน (ID) ในการทำงานแตะ (Tap) โดยใช้ปากกาดิจิตอล 52

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขของดัชนีความยากของงาน (ID) ในการทำงานลาก (Drag) โดยใช้ปากกาดิจิตอล 52

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักเรียนและข้อมูลเบื้องต้นของผู้เข้าร่วมทดลอง 60

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสถิติของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะสำหรับงานแบบแตะนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 64

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสถิติของระยะเวลาและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ 68

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสถิติของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี 71

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสถิติของระยะเวลาและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ 74

ตารางที่ 4.6 แสดงกรเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับบริเวณรอบเหมืองทองคำ 76

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าทางสถิติของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของผลเลือดและปัสสาวะนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ 77

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของงานแตะ 78

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของงานลาก 79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ของแมงกานีสและสารหนูส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์สำหรับงานแตะ 79

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของแมงกานีสและสารหนูที่ส่งผลต่อค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียน 80

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของแมงกานีสและสารหนูที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์สำหรับงานลาก 80

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของแมงกานีสและสารหนูที่ส่งผลต่อค่าสมรรถนะสำหรับงานลาก..... 81

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับเกินเกณฑ์มาตรฐาน 82

ตารางที่ 4.15 ผลกรเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 84

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า P-Value ของเวลาในการเคลื่อนที่ของจุดตัดและค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน 85

ตารางที่ 4.17 สรุปการเปรียบเทียบระหว่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก..... 86

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ..... 88

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลากกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ..... 89

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 1 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 2 92

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 3 93

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 4 94

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 1 . 95

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 3 . 96

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลากกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 4 97

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 เหมืองทองคำ 1
รูปที่ 1.2 การใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในกิจกรรมการวาดรูปของเด็ก 3
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกระบวนการผลิตเหมืองแร่ทองคำ 12
รูปที่ 2.2 บ่อเก็บกากแร่ หรือบ่อไซยาไนด์ 2 บ่อ ขนาด กว่า 600 และ 1,200 ไร่ ที่ติดชุมชน 14
รูปที่ 2.3 แม่น้ำ Animas ปนเปื้อนสารพิษไซยาไนด์และสารหนูจากอุบัติเหตุเหมือง Gold King Mine 16
รูปที่2.4 แม่น้ำน่านจังหวัดพิจิตรอยู่ห่างจากขอบบ่อไซยาไนด์ที่ใหญ่ที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 16
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างสื่อและอุปกรณ์ในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก 24
รูปที่ 2.6 แบบประเมินพัฒนาการมาตรฐานในเด็กเล็ก Bayley Scales of Infant and Toddler Development 27
รูปที่ 2.7 ลักษณะการจับดินสอของเด็กในแต่ละช่วง 35
รูปที่ 2.8 ลักษณะการทดสอบของฟิตส์ 41
รูปที่ 2.9 ลักษณะงานของสเตียริง 43
รูปที่ 3.1 คอมพิวเตอร์แท็บเล็ต Surface pro 4 47
รูปที่ 3.2 ปากกาดิจิตอลสำหรับ Surface pro 4 47
รูปที่ 3.3 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก 48
รูปที่ 3.4 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดเพชรบูรณ์ 48
รูปที่ 3.5 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดพิจิตร 49
รูปที่ 3.6 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร 49
รูปที่ 3.7 โปรแกรม Fitts' Law 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.8 โปรแกรม Steering Law 51

รูปที่ 3.9 การทดสอบการใช้งานปากกาดิจิตอลบนทัชสกรีน 53

รูปที่ 4.1 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียน อายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 63

รูปที่ 4.2 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียน อายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 63

รูปที่ 4.3 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียนของ นักเรียนอายุ 9 -10 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ 66

รูปที่ 4.4 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียนของ นักเรียนอายุ 11 -12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ 66

รูปที่ 4.5 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 69

รูปที่ 4.6 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียน อายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร 70

รูปที่ 4.7 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียนของ นักเรียนอายุ 9 -10 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ 72

รูปที่ 4.8 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียน อายุ 11 -12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ 73

รูปที่ 4.9 แสดงขอบเขตระยะเวลาในการเคลื่อนที่แบบแตะของดัชนีความยาก 3.58 และ 9.42 กับค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำในแต่ละกลุ่ม 90

รูปที่ 4.10 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ IQ กับ $MT_{ID\ 5.00}$ สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 1 98

รูปที่ 4.11 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ IQ กับ $MT_{ID\ 5.46}$ สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 1 99

รูปที่ 4.12 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ IQ กับ IP สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 1 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.13 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ As กับ IP
สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 4 101

รูปที่ 4.14 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ As กับ $MT_{ID\ 37.68}$
สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 1 102

รูปที่ 4.15 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ As กับ IP
สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 1 103

รูปที่ 4.16 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ Mn กับ IP
สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 3 104

รูปที่ 4.17 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ Mn กับ $MT_{ID=0}$ สำหรับงานลากของ
นักเรียน กลุ่มที่ 4 105

รูปที่ 4.18 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ Mn กับ $MT_{ID\ 9.42}$
สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากข้อมูลของกรมทรัพยากรแร่พบว่าประเทศไทยมีแหล่งแร่ทองคำที่สำคัญ 10 แหล่ง แหล่งที่พัฒนาจนเป็นอุตสาหกรรมเหมืองทองคำมี 2 แหล่ง คือแหล่งแร่ทองคำชาตรี จังหวัดพิจิตร และแหล่งแร่ทองคำภูทับฟ้า จังหวัดเลย ซึ่งตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ กำหนดให้อุตสาหกรรมถลุง แต่งแร่ หรือหลอมโลหะที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 50 ตันต่อวันขึ้นไป ต้องศึกษาและจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) และกำหนดให้อุตสาหกรรมถลุงแร่ทองคำที่มีปริมาณแร่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตตั้งแต่ 1,000 ตันต่อวันขึ้นไป เป็นโครงการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรงทั้งทางด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติและสุขภาพ (EHIA) โดยระบุมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการที่ระบุไว้ในรายการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2535) ซึ่งที่ผ่านมาผู้ประกอบการได้ปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง แต่ยังพบปัญหาการร้องเรียนเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมและความเดือดร้อนรำคาญของประชาชนในพื้นที่รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ทีมแพทย์มหาวิทยาลัยรังสิตเป็นผู้ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดของชาวบ้านรอบเหมืองตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน 2558 ซึ่งใช้ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลรามาธิบดีและกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยมีกระทรวงสาธารณสุขรับรองได้เผยผลการเก็บตัวอย่างพบว่ามีแมงกานีส สารหนู และไซยาไนด์สารปนเปื้อนในร่างกายในปริมาณที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (มหาวิทยาลัยรังสิต, 2559)

รูปที่ 1.1 เหมืองทองคำ

(ที่มา : http://www.prachachat.net/news_detail.php?newsid=1481431600)

พัฒนาการของเด็กมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยให้เด็กดำรงชีวิตประจำวันได้โดยการอาศัยทักษะและความชำนาญในการทำสิ่งต่างๆ ที่สลับซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีพัฒนาการไปตามขั้นตอนต่อเนื่องกันไปในแต่ละช่วงวัยต่างๆเพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี พัฒนาการนั้นเป็นผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านพันธุกรรมและสภาวะแวดล้อมของเด็ก ปัจจัยด้านพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดศักยภาพ ส่วนปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นครอบครัว ชุมชน หรือสังคมใหญ่จะเป็นตัวกำหนดโอกาสความเป็นไปได้ด้านการแสดงออกตามแต่ศักยภาพของแต่ละบุคคล (อิสราภา ชื่นสุวรรณ, 2557) การเจริญเติบโตตามวัยของเด็กที่มีน้ำหนักส่วนสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน ไม่มีโรคภัยไข้เจ็บจะนำไปสู่การเสริมสร้างพัฒนาการในด้านอื่นๆ ทั้งทางด้านอารมณ์ สังคมและสติปัญญา พัฒนาการด้านหนึ่งที่สำคัญของเด็กในวัยเจริญเติบโตคือการพัฒนาการทางด้านร่างกาย (Psychomotor development) หมายถึงความสามารถในการทรงตัวและการเคลื่อนไหว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทำงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Gross Motor) และการทำงานของกล้ามเนื้อมัดเล็กหรือการทำงานประสานระหว่างมือและตา (Fine Motor)

การพัฒนากล้ามเนื้อใหญ่มีความสำคัญอย่างยิ่งโดยเป็นการเคลื่อนไหวของทั้งร่างกาย เช่นการคลาน การเดิน การกระโดดและขว้างปาสิ่งของ ซึ่งการเคลื่อนไหวของร่างกายจะครอบคลุมถึงความสมดุล ความว่องไว ความแข็งขัน ความกระฉับกระเฉง การยืดหยุ่น ความแข็งแกร่ง ความเร็ว และการทำงานประสานกันระหว่างส่วนต่างๆของร่างกาย แม้ว่าพัฒนาการของกล้ามเนื้อใหญ่มีขั้นตอนต่อเนื่องแต่มีอัตราการพัฒนาแตกต่างกันโดยพัฒนาการของกล้ามเนื้อใหญ่จะพัฒนาก่อนกล้ามเนื้อเล็ก การจัดกิจกรรมส่งเสริมการพัฒนากล้ามเนื้อใหญ่สามารถกระทำได้โดยให้เด็กพัฒนาความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อขา การเคลื่อนไหวของลำตัว และความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อแขน ขา และลำตัวอย่างประสานสัมพันธ์ ได้แก่ กิจกรรมการเล่นกลางแจ้ง กิจกรรมการเล่น การออกกำลังกาย และการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งพัฒนาการและการเรียนรู้ของเด็กปฐมวัยส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเล่น (ดร. นิติธร ปิลวาสน์, 2560)

กล้ามเนื้อมัดเล็ก เป็นอวัยวะที่สำคัญในการประกอบกิจวัตรประจำวันต่างๆ เช่น การถอดใส่กระดุม รูดซิป แปรงฟัน การผูกเชือกรองเท้า การวาดภาพและการเขียน หากเด็กมีการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กได้ดีจะส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาให้ดีเยี่ยมมากยิ่งขึ้น เพราะกล้ามเนื้อมัดเล็กมีส่วนช่วยให้เด็กได้ใช้มือ สำรวจ สังเกต จากการจับต้องสิ่งของทำให้เด็กเรียนรู้จากกิจกรรมต่างๆ การพัฒนากล้ามเนื้อมัดของเล็กที่ดีจะต้องมีพัฒนาการสอดคล้องสัมพันธ์ไปกับสายตา แขน ขา และอวัยวะส่วนอื่นๆด้วย ดังนั้นหากกล้ามเนื้อมัดเล็กของลูกมีพัฒนาการล่าช้าหรือผิดปกติส่งผลต่อพัฒนาการของอวัยวะอื่นๆ สะดุดตามไปด้วยได้ (ดร. นิติธร ปิลวาสน์, 2560) จากผลการสำรวจของกรมอนามัยในปี พ.ศ. 2553 พบว่าเด็กอายุ 1-5 ปี มีพัฒนาการล่าช้า โดยเฉพาะ

ในด้านภาษาและการใช้กล้ามเนื้อมือและตาประสานกันประมาณร้อยละ 30 (อิสราภา ชื่นสุวรรณ, 2557) ดังนั้นเด็กที่ได้รับการคัดกรองปัญหาได้เร็วและได้รับการดูแลอย่างเหมาะสมจะเกิดผลดีต่อเด็กในระยะยาวมากกว่าเด็กที่ตรวจพบปัญหาในภายหลัง ทำให้ปัญหามีความรุนแรงมากขึ้น

รูปที่ 1.2 การใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในกิจกรรมการวาดรูปของเด็ก
(ที่มา : http://mercyamcteachingpracticum.blogspot.com/2013/08/gross-and-fine-motor-skills.html)

การทดสอบความสามารถหรือสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กเป็นแบบประเมินที่ใช้กิจกรรมต่างๆที่มุ่งเน้นการพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็ก การประสานความสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อมือกับตา รวมทั้งตอบสนองต่อการพัฒนาการทางด้านอารมณ์และจิตใจ อีกทั้งยังมีพัฒนาการด้านสังคม และด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เช่น การเขียนตัวหนังสือ การปั้นดินน้ำมัน การต่อตัวต่อ หรือการวาดรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ (วงกลม สามเหลี่ยม) สำหรับแบบประเมินมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในการประเมินสมรรถนะพัฒนาการของกล้ามเนื้อและระบบประสาท เช่น The Bruininks - Oseretsky Test of Motor Proficiency – Second Edition (R. H. Bruininks & Bruininks, 2015) เป็นการทดสอบความสามารถทางด้านระบบประสาทสั่งการ สำหรับเด็กอายุ 4 ถึง 21 ปี ประกอบด้วยพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็ก ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินเหล่านี้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ และไม่สามารถไปเทียบกับแบบประเมินที่มีกิจกรรมลักษณะที่แตกต่างกันได้

สำหรับเด็กที่มีพัฒนาการในการเขียนถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญต่อพัฒนาการการเรียนรู้ การเขียนยังเกี่ยวข้องโดยตรงกับพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กและความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างตาและข้อมือโดยเด็กมักมีปัญหาจากความทนทานในการเขียนน้อย ลายมือไม่สวย ลายเส้นไม่ต่อเนื่อง บางครั้งปัญหาก็อาจจะลุกลามไปถึงการเบื่อหน่ายการเรียน เพราะเขียนไม่ทันเพื่อน สายตามีปัญหาบางคนมีผลต่อบุคลิกภาพในตอนโต หากทำงานที่ต้องใช้การเขียนในที่สาธารณะทำให้ขาดความมั่นใจไม่กล้านำเสนองาน ดังนั้นการปลูกฝังวิธีการจับดินสอที่ถูกวิธี และเป็นตัวแบบในการจับดินสอที่ถูกต้อง ซึ่งการที่มีพัฒนาการด้านกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ดีควบคู่ไปกับการจับดินสอที่มีประสิทธิภาพ

จะช่วยในการเตรียมความพร้อมของเด็กปฐมวัย สำหรับการเรียนในชั้นประถมศึกษาและเพื่อช่วยให้เด็กประสบความสำเร็จในการเขียนและการวาดรูปในอนาคต (สุกฤตา พิริยะกูลธร, 2549)

จากปัญหาการปนเปื้อนสารเคมีลงสู่ธรรมชาติทำให้แหล่งน้ำ พืช ผัก ข้าวบริเวณนั้นมีการปนเปื้อน เมื่อเด็กได้รับเข้าไปทำให้เกิดการสะสมสารพิษนั้นในร่างกาย นอกจากนี้เด็กอาจได้รับสารพิษจากหลายทางด้วยกัน เช่น ทางเยื่อบุตา ทางผิวหนัง การฉีดและสัตว์มีพิษกัดต่อย การสูดดม หรือผ่านรกไปสู่เด็กในครรภ์ (ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย และ สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย, 2560) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับสารพิษจากมารดาผ่านรกไปสู่เด็กในครรภ์ทำให้มีผลกระทบต่อบุตรในครรภ์ได้ในอนาคต จากงานวิจัยของ Alison และคณะ (Sanders et al., 2012) พบว่าสารหนูสามารถถ่ายทอดจากทางเลือดผ่านรกของมารดาที่ตั้งครรภ์ไปยังบุตรในครรภ์ได้ และยังพบว่าประชากรที่ได้รับสารหนูและแมงกานีสในปริมาณที่มากเกินกว่ามาตรฐานทำให้ส่งผลกระทบต่อสมองส่วนเซรีเบลลัม (cerebellum) (LC et al., 2010; Y. Wang et al., 2009) ส่งผลโดยตรงต่อระบบประสาทในการรับรู้ของเด็กในส่วนความสัมพันธ์ระหว่างการมองเห็นและประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อมัดเล็กทำให้มีประสิทธิภาพที่น้อยลง โดยการปนเปื้อนสารหนูและแมงกานีสพบว่ามีผลต่อระบบประสาทสั่งการในเด็กที่ลดลง (Parvez et al., 2011) แสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านความรู้ความเข้าใจที่แย่ลงสะท้อนให้เห็นถึงทักษะด้านความจำที่ต่ำลง ทำให้ความเร็วในการประมวลผลที่ช้าลง การขาดดุลทักษะทางการพูดและการลดลงของไอคิว (J et al., 2001; OS et al., 2007; S.-X. Wang et al., 2007; Wasserman et al., 2004; Wasserman et al., 2007; Wasserman et al., 2006) ทำให้เด็กมีสติปัญญาและการเรียนรู้ต่ำ เช่นกลุ่มแอลดี (L.D. - Learning Disabilities) ซึ่งเป็นเด็กที่มีความบกพร่องของกระบวนการทางจิตวิทยาขั้นพื้นฐาน (Basic Psychological Process) ที่เกี่ยวข้องกับการเข้าใจ การใช้ภาษา การพูด หรือการเขียนที่แสดงออกโดยความไม่สมบูรณ์ของความสามารถด้านการฟัง การคิด การพูด การอ่าน การเขียน การสะกดคำ และ การคำนวณทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับปัญหาทางภาพสัญลักษณ์มักมีปัญหาเชื่อมโยงกับสิ่งที่ตัวเองมองเห็นมักมีปัญหาเกี่ยวกับรายละเอียดของภาพ โดยการเรียนรู้เหล่านี้มีความไม่เหมาะสมกับอายุจริง ระดับสติปัญญา และระดับการศึกษา โดยไม่ได้เกิดจากความผิดปกติทางร่างกายและระบบประสาท ความบกพร่องของพัฒนาการ แบบรอบด้าน ความบกพร่องทางสติปัญญา หรือขาดโอกาสทางการศึกษา ส่งผลรบกวนต่อผลการศึกษา หรือกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ที่ต้องอาศัยการอ่าน การเขียน หรือ การคำนวณ (นพ.ทวีศักดิ์ สิริรัตน์เรขา, 2559)ในเด็กที่มีปัญหาด้านพัฒนาการที่บกพร่องทั้งด้านสติปัญหาและการเรียนรู้เป็นอีกกลุ่มที่มีปัญหาในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก เนื่องจากการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการมองเห็นและการควบคุมกล้ามเนื้อเพื่อให้สามารถทำกิจกรรมต่างๆได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องและแม่นยำ ผลการวิจัยของสถาบันราชานุกูล พบว่าปัจจัยหนึ่งที่ผู้ป่วยเด็กที่บกพร่องด้านพัฒนาการ

และสติปัญญาคือความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กไม่ดี ทำให้พัฒนาการการเรียนรู้และทักษะด้านอื่นๆ เช่นทางด้านภาษา การช่วยเหลือตนเอง บกพร่องทำให้เป็นอุปสรรคในชีวิตประจำวัน (เกศยุพี วัฒนะธนากร, 2552)

งานวิจัยนี้จึงใช้แนวทางการประเมินสมรรถนะที่อ้างอิงมาจากมาตรฐานจากองค์การระหว่างประเทศ ISO 9241-400 (ISO 9241-400:2007 Ergonomics of human--system interaction -- Part 400: Principles and requirements for physical input devices, 2007) เรื่องการกำหนดมาตรฐานทางการยศาสตร์กับการทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลของผู้ใช้ที่ไม่ใช้คีย์บอร์ด เช่น การคลิก (Click) และการลาก (Drag) การชี้ตำแหน่งและการเลือก เป็นต้น โดยอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardward) ที่ใช้มือเป็นตัวดำเนินงาน เช่น ปุ่มกด เมาส์ ปากกาดิจิตอล แท็บเล็ต ซึ่งมีการทำงานระหว่างอุปกรณ์และมนุษย์ และสามารถวัดผลผ่านตัวชี้วัดต่างๆ (ISO 9241-400:2007 Ergonomics of human--system interaction -- Part 400: Principles and requirements for physical input devices, 2007) มาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสมรรถนะในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กจากการเขียนของเด็กโดยการนำมาตรฐาน ISO 9241-9 มาประยุกต์ใช้กับทฤษฎีของกฎของฟิตส์ (Fitts' Law) และกฎของสเตียริง (Steering Law) ด้วยโปรแกรม Fitts และโปรแกรม Steering ที่ทางภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ออกแบบมาใช้ร่วมกับแทบเล็ต ซึ่งเป็นแนวคิดที่สามารถบอกความสัมพันธ์ความเร็วและความผิดพลาดจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยมีเวลาเป็นตัวชี้วัดและยังสามารถชี้วัดตามลักษณะของงานและความยากของงานที่แตกต่างกัน Fitts' Law ใช้ในการประเมินสมรรถนะในการทำงานรูปแบบการแตะ (Tap) เป็นความสัมพันธ์กับการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กสำหรับการจับหรือแตะไปยังเป้าหมายในตำแหน่งต่างๆที่ถูกต้อง แม่นยำ และมีความรวดเร็ว Steering Law ใช้ในการประเมินสมรรถนะในการทำงานรูปแบบการลาก (Drag) เป็นความสัมพันธ์กับการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กสำหรับการลาก และเคลื่อนไหวไปยังตำแหน่งต่างๆ เช่น การเขียน การวาดรูปได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีความรวดเร็ว

สำหรับในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเครื่องมือที่ใช่ช่วยในการประเมินผลกระทบของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณเหมืองแร่ทองคำ โดยตรวจวัดหาสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการใช้ข้อมือในการเขียนของเด็กที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองเทียบกับสมรรถนะในการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้เขียนของนักเรียนรอบเหมืองทองคำที่มีความปกติ โดยนำหลักการของฟิตส์และสเตียริงมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรม Fitts และโปรแกรม Steering ร่วมกับแท็บเล็ตและปากกาดิตอลมาใช้ประเมินร่วมกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ (Biomarkers) ที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (IQ) ปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนูกับกลุ่มประชากรนักเรียนที่ได้รับผลกระทบและมีปัญหาการใช้ข้อมือในการเขียนของนักเรียนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ

กล้ามเนื้อมัดเล็ก สามารถใช้หลักการของฟิตส์และสเตียริงเพื่อใช้เป็นวิธีการประเมินชี้วัดเด็กที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองทองคำมีความบกพร่องประสิทธิภาพการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของนักเรียน โดยศึกษากลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 เนื่องจากช่วงระยะเวลาในการทำกิจกรรมเหมืองทองคำตั้งแต่ปี 2544 จนถึงปัจจุบัน ทำให้มีการสะสมของสารเคมีในร่างกายของเด็กในขณะที่อยู่ในครรภ์มารดาทำให้เด็กได้รับสารพิษสะสมตั้งแต่เกิดเมื่อมีการได้รับสารเคมีเป็นเวลานานและมีปริมาณมากพอทำให้เกิดความผิดปกติต่อระบบต่างๆในร่างกายรวมถึงกล้ามเนื้อมัดเล็กในเด็ก การศึกษานี้มีประโยชน์เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถนำไปทดสอบยังสถานที่ต่างๆได้สะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามรถลดค่าใช้จ่ายในการวินิจฉัยทางการแพทย์ได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประเมินสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้เขียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำเทียบกับเด็กระดับชั้นประถมศึกษาในกรุงเทพมหานคร
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทดสอบเด็กในโรงเรียนบริเวณรอบเหมืองทองคำในระดับประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 จำนวน 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก 2 โรงเรียน โรงเรียนในจังหวัดเพชรบูรณ์ 1 โรงเรียน และโรงเรียนในจังหวัดพิจิตร 1 โรงเรียน จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 115 คน
2. ทดสอบในโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 จำนวน 2 โรงเรียน จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 68 คน
3. การทดลองนี้ใช้โปรแกรม Fitts และโปรแกรม Steering ในแท็บเล็ต Surface pro 4 และปากกาดิจิตอลสำหรับ Surface pro 4
4. ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่ใช้ในงานวิจัยคือ ความสามารถทางเชาว์ปัญญา ปริมาณแมงกานีสและสารหนู

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือตรวจวัดในเบื้องต้นเพื่อตรวจประเมินผู้ที่ได้รับผลกระทบจากมลภาวะที่เป็นพิษ โดยเป็นข้อมูลประกอบให้กับการวินิจฉัยทางการแพทย์

2. สามารถทราบสรรถนะของเด็กในทุกพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการทำกิจกรรมต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อเด็กได้ทุกระดับ เพื่อหาวิธีการเสริมสร้างประสิทธิการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนของเด็ก

3. เป็นข้อมูลที่ได้จากหลักการทางวิศวกรรมเพื่อไปประกอบกับข้อมูลทางการแพทย์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อสุขภาพของนักเรียนและประเมินความสามารถในการฟื้นฟูผู้ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ทองคำ

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 การศึกษาทฤษฎี

ก. ศึกษาสาเหตุความแตกต่างของสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อของเด็กปกติในแต่ละช่วงอายุ

ข. ศึกษาสาเหตุความเป็นไปได้ที่ทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็ก

ค. ศึกษาระยะเวลาที่เกิดการสะสมของสารเคมีที่มีผลทำให้เกิดผลต่อประสิทธิภาพการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็ก

ง. ศึกษาหลักการของฟิตส์ และ กฎของสเตียริง เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง

จ. ศึกษาวิธีการทางสถิติเพื่อใช้ในการนำมาออกแบบการทดลอง ในการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ ข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองที่ใช้กับเด็กประถมต้องคำนึงถึงความสามารถของเด็กในแต่ละช่วงอายุ และระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเนื่องจากการเก็บข้อมูลเป็นการเก็บข้อมูลแบบภาคสนามที่มีจำนวนเด็กมากและระยะเวลาที่จำกัด ดังนั้นต้องออกแบบให้สามารถเก็บข้อมูลได้ทันและสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้ โดยใช้โปรแกรม Fitts และโปรแกรม Steering ในแท็บเล็ต Surface pro 4 และปากกาดิจิตอลสำหรับใช้กับSurface pro 4 เพื่อให้สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลของเด็กในโรงเรียนแต่ละโรงเรียนได้ ง่ายสะดวก และสามารถใช้งานได้ง่ายยุ่งยากเกินไป

ก. หลักการของฟิตส์ ใช้โปรแกรมของ Fitts' Law โดยให้เด็กใช้ปากกาดิจิตอลแตะจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดเป้าหมายต่างๆ ออกแบบการทดลองโดยการเพิ่มระยะทางในการเคลื่อนที่และลดขนาดของเป้าหมาย นำเงื่อนไขมาหาดัชนีความยากของงาน โดยเรียงลำดับดัชนีความยากจากน้อยไปมากโดยมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะทางการเคลื่อนที่และขนาดของเป้าหมาย

ค่าดัชนีความยากของงาน 3 ค่า คือ 3.58, 5.00 และ 5.46 นำข้อมูลค่าความเร็วในการทดลองที่ได้หาสมรรถนะของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนของกลุ่มตัวอย่าง

ข. หลักการของสเตียริง ใช้โปรแกรมของ Steering Law โดยให้เด็กใช้ปากกาดิจิตอลลากเส้นจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดเป้าหมายเป็นวงกลม โดยการเพิ่มระยะทางและลดความกว้างของขอบเขตการเคลื่อนที่ลงเพื่อให้งานยากขึ้น นำเงื่อนไขมาหาดัชนีความยากของงาน โดยเรียงลำดับดัชนีความยากจากน้อยไปมาก โดยมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระยะทางและความกว้างค่าดัชนีความยากของงาน 3 ค่า คือ 9.42, 18.84 และ 37.68 นำข้อมูลค่าความเร็วในการทดลองที่ได้หาสมรรถนะของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนของกลุ่มตัวอย่าง

ค. ทดสอบเด็กประถมระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ของกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนรอบเหมืองทองคำได้แก่ โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก 2 โรงเรียน โรงเรียนในจังหวัดเพชรบูรณ์ 1 โรงเรียน และโรงเรียนในจังหวัดพิจิตร 1 โรงเรียน จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 115 คน และทดสอบเด็กในโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 2 โรงเรียน จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 68 คน

ง. สาธิตวิธีการทดลองเพื่อสร้างความคุ้นชินกับโปรแกรม และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด

จ. เก็บข้อมูลความเร็วในการทดลองในแต่ละดัชนีความยากของงาน 3 ค่าของเด็กแต่ละคนแยกตามช่วงอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี

ฉ. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูล หาความแตกต่างของเด็กในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการทำกิจกรรมการทำเหมืองแร่ทองคำเปรียบเทียบกับข้อมูลเด็กในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นตัวแทนของเด็กปกติที่ไม่ได้รับปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนู จากกิจกรรมการทำเหมืองแร่ทองคำ

ช. นำผลการตรวจวัดสมรรถนะไปเปรียบเทียบกับข้อมูลดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ ได้แก่ ความสามารถทางเชาวน์ปัญญา(IQ) ปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนู

1.5.3 การทดสอบ

ผู้วิจัยตรวจสอบอุปกรณ์ และทดสอบโปรแกรมฟิตส์ และสเตียริงและอุปกรณ์ที่จะต้องนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนามยังสถานที่จริงในโรงเรียนรอบเหมืองทองคำ และเด็กโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร โดยทดสอบกับเด็กระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.4 ขั้นตอนในการทดลอง

ก. อธิบายวิธีการทดลองให้ผู้ทดลองเข้าใจและสามารถทดลองได้อย่างถูกต้อง

ข. ทดลองทีละคนเริ่มจากโปรแกรมฟิตส์ไล่ระดับดัชนีความยากของงานจากระดับง่ายไประดับยาก แล้วกลับมาทดลองโปรแกรมสเตียริงไล่ระดับดัชนีความยากของงานจากระดับง่ายไประดับยาก

ค. ทดลองโดยใช้ปากกาดิจิตอลและแท็บเลต ไล่ระดับงานง่ายไปยากโดยการเพิ่มระยะทางและลดขนาดกับขอบเขตของเป้าหมาย

ง. เด็กแต่ละคนทดสอบโปรแกรมฟิตส์ทดลองซ้ำ 30 ครั้งในแต่ละดัชนีความยาก และโปรแกรมสเตียริงทดลองซ้ำ 15 ครั้งในแต่ละดัชนีความยาก

1.5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำค่าความเร็วในการทดลอง (MT) ในแต่ละดัชนีความยาก (ID) ตามกฎของฟิตส์ และกฎของสเตียริง ที่ได้จากการทดสอบในการเขียนของเด็กมาสร้างสมการสมรรถนะของเด็กรายคน แล้วหาค่าสมรรถนะ (IP) ของผู้สอบในแต่ละงานและแต่ละระดับที่แตกต่างกัน และสมการสมรรถนะของเด็กโรงเรียนกรุงเทพมหานครที่ได้จากการเก็บจากด้วยเครื่องมือเดียวกับกับที่ทดสอบเด็กโรงเรียนรอบบริเวณเหมืองทองคำ นำผลการตรวจวัดสมรรถนะไปเปรียบเทียบกับข้อมูลดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ ได้แก่ ความสามารถทางเชาวน์ปัญญา(IQ) ปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนู เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วย ในการประเมินผลกระทบของเด็กประถมที่อาศัยอยู่ในบริเวณเหมืองแร่ทองคำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เหมืองทองคำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรธรรมชาติอยู่อย่างมากมาย และยังมีความอุดมสมบูรณ์อยู่มากทั้งทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรดิน ทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรแร่ธาตุ โดยเฉพาะทรัพยากรแร่ธาตุ ประเทศไทยมีมากมายหลายชนิดทั้งแร่โลหะ แร่อโลหะ แร่เชื้อเพลิง กัมมันตภาพรังสีและแร่รัตนชาติ ซึ่งได้มีการขุดขึ้นมาใช้ตั้งแต่โบราณจนถึงปัจจุบัน แร่ทองคำเป็นทรัพยากรแร่ธาตุที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น เครื่องคิดเลข โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์มือถืออีกทั้งด้านทันตกรรมมีการใช้ทองคำเพื่อการครอบฟัน เชื่อมฟัน หรือการเลี่ยมทองและยังมีการใช้ในการผลิตฟันปลอม หรือในทางอวกาศได้มีการนำทองคำมาใช้เป็นชุดนักบินอวกาศและแคปซูล เพื่อป้องกันไม่ให้นักบินอวกาศกระทบกับรังสีในอวกาศที่มีพลังงานสูง แต่ที่ปฏิเสธไม่ได้ว่าทองคำเป็นทรัพยากรแร่ธาตุที่ตอบสนองความมั่งคั่งของประเทศ ดังเช่น ธนาคารกลางของประเทศ หรือองค์กรทางการเงินระหว่างประเทศ ได้ซื้อเก็บสะสมไว้เป็นส่วนหนึ่งของทุนสำรองระหว่างประเทศเพื่อเป็นการลงทุนและเป็นหลักประกันทางการเงินของประเทศและองค์กรนั้นๆ อีกทั้งที่สำคัญยังเป็นเครื่องประดับเพื่อบ่งบอกฐานะของแต่ละคน

เนื่องจากราคาทองคำจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยมีปัจจัยที่เป็นตัวแปรหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงทางการเมืองการปกครอง ภาวะเงินฝืดเงินเฟ้อ ค่าเงินไม่มั่นคง ตลอดจนสภาพเศรษฐกิจของภูมิภาคและของโลก โดยเฉพาะการที่ทองคำได้เข้ามามีบทบาทต่อระบบเศรษฐกิจโลก ดังนั้นจึงมีการสำรวจค้นหาแหล่งแร่ทองคำ และการทำเหมืองแร่ทองคำกันมากขึ้น โดยได้มีการพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีด้านการสำรวจ การวิเคราะห์ การทำเหมืองแร่ ตลอดจนการถลุงแร่ทองคำจากสินแร่ที่มีความสมบูรณ์ต่ำ เพื่อให้ได้ทองคำปริมาณมากขึ้น (อานนท์ นนทโส, 2554) ในปี 2553 ปริมาณความต้องการใช้ทองคำในภาคอุตสาหกรรมการผลิตทองคำทั่วโลก อยู่ที่ราว 2,778.6 ตัน โดยอินเดียเป็นชาติที่มีความต้องการทองคำมากสุดในโลกปริมาณ 783.4 ตัน รองลงมาเป็นจีน 571.51 ตัน และสหรัฐฯ ตามมาเป็นอันดับ 3 ปริมาณ 180.9 ตัน (ผู้จัดการออนไลน์, 2554)

2.1.1 แหล่งแร่ทองคำในประเทศไทย

ในประเทศไทย มีแหล่งแร่ทองคำประมาณ 800-900 ตัน ครอบคลุมพื้นที่ 31 จังหวัด มีเพียง 2 บริษัทที่ได้รับประทานบัตรเหมืองแร่ทองคำ โดยมีการจัดเก็บค่าภาคหลวงตามพระราชบัญญัติแร่ พ.ศ. 2510 (กระทรวงสาธารณะสุข, 2558) ปัจจุบันมีอยู่ 2 แหล่ง คือ

1. แหล่งแร่ทองคำชาตรี ของบริษัทอัคราไมนิ่ง จำกัด ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตรอยต่อของอำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,200 ไร่ ซึ่งสามารถผลิตโลหะทองคำได้ ประมาณ 32,000กิโลกรัม หรือประมาณ 32 เมตริกตัน

2. แหล่งแร่ทองคำภูทับฟ้าของบริษัท ทุ่งคำ จำกัด ตั้งอยู่ที่ตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,300 ไร่ สามารถผลิตโลหะทองคำได้ประมาณ 5,000กิโลกรัม หรือประมาณ 5 เมตริกตัน

แหล่งทองทั้งสองแหล่ง ทำเหมืองแบบเหมืองเปิดโดยตักหินที่มีทองปนไปบดให้ละเลียด และแยกทองออกโดยกระบวนการที่ใช้สารละลายไซยาไนต์ ในการละลายทองออกจากหินที่บดจะนำไปแช่ในสารละลายไซยาไนต์ ต่อจากนั้นจะใช้ถ่านกัมมันต์ ทองคำ และเงินจะถูกดูดซับอยู่ที่ผิวถ่านกัมมันต์หลังจากนั้นจะนำผงถ่านที่มีทอง หรือ ทองและเงินไปล้าง เผา เพื่อแยกโลหะออกมา

2.1.2 กระบวนการผลิตทองคำ

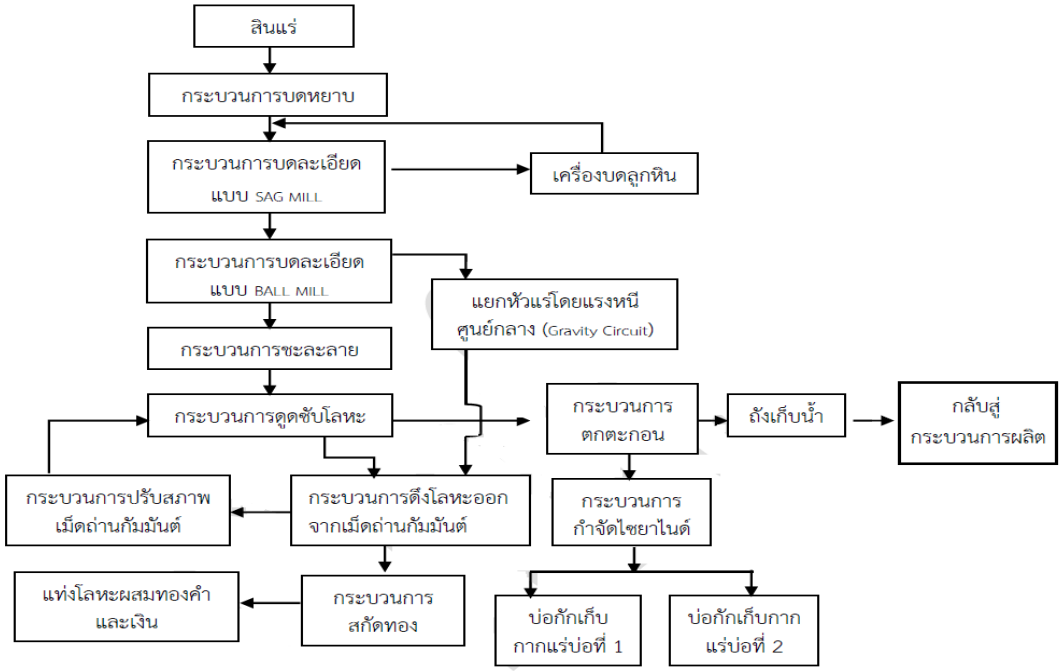
การทำเหมืองแร่ทองคำเป็นการขุดเอาหินที่มีแร่ทองคำปะปนอยู่นำมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อสกัดแร่ทองคำบริสุทธิ์มาใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปการทำเหมืองจะมี 2 แบบ คือ

1) การทำเหมืองเปิดบนหน้าดิน โดยการเปิดหน้าดินไปเรื่อยๆจนถึงแหล่งทองคำ การทำเหมืองแร่แบบนี้ต้องใช้เครื่องมือหนัก เช่น เครื่องเจาะ รถขุด รถตัก รถขนแร่ขนาดใหญ่ ตลอดจนต้องมีการระเบิดบริเวณหน้าเหมือง และทำเป็นขั้นบันไดวนลงไปหาแหล่งแร่ที่อยู่ลึกลงไป รวมทั้งใช้เป็นเส้นทางลำเรียงแร่ขึ้นมาเพื่อเข้าสู่กระบวนการแต่งแร่ต่อไป

2) การทำเหมืองอุโมงค์ใต้ดิน เหมาะสำหรับแหล่งแร่ทองคำที่อยู่ลึกจากผิวดินมาก การทำเหมืองแร่จะใช้พื้นที่หน้าเหมืองน้อย โดยเริ่มจากการเปิดหน้าดิน เพื่อเจาะช่องทางสำหรับเครื่องมือหนักทำงานเข้าหาแหล่งแร่ หรือทำเป็นอุโมงค์ทางเข้า หรือเส้นทางลงสู่แหล่งแร่ที่อยู่ในระดับลึกเพื่อการนำแร่ขึ้นมาเมื่อถึงแหล่งแร่ในระดับลึกแล้วพื้นที่การทำเหมืองจะขยายกว้างออกไปทั้งในแนวราบในแนวดิ่ง หินที่ขุดได้จะถูกนำมาบดย่อยให้ละเอียดแล้วผ่านกระบวนการแยกทองคำออกมา

สำหรับขั้นตอนการทำเหมืองแร่ทองคำ มลพิษที่ขึ้นจากกระบวนการผลิต อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนที่อยู่อาศัยรอบๆเหมืองทองคำนั้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทำเหมืองทองคำเริ่มจากการขุดหรือระเบิดหินที่มีแร่ทองคำ จากนั้นถูกลำเลียงด้วยรถบรรทุกป้อนเข้าโรงงานประกอบโลหะกรรม นำสินแร่เข้าเครื่องบดหยาบ เติมปูนขาวเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดด่างแล้งป้อนเข้าสู่เครื่องบดละเอียดโดยมีตะแหรงเพื่อคัดแยกขยะ ส่วนที่ผ่านตะแกรงจะถูกปล่อยลงสู่ถังแช่สารไซยาไนด์ ส่วนวัสดุแปลกปลอมที่อยู่บนตะแกรงจะถูกรวมกับกากโลหะกรรมที่ยุ้งรับกากโลหะกรรมและทิ้งลงบ่อกักเก็บกากโลหะกรรม ส่วนที่อยู่ในถังแช่สารไซยาไนด์จะถูกแยกโลหะทองคำและเงินด้วยวิธีทางเคมีโดยกระบวนการ Carbon-ln-Leach (CIL) คือการเติมถ่านกัมมันต์ลงไปเพื่อดูดซับทองคำและเงินในสารละลายทองคำและเงินที่ผิวถ่านจะถูกชะล้างออกมาด้วยสารละลายผสมระหว่างโซเดียมไซยาไนด์และโซเดียวไฮดรอกไซด์ จากนั้นเข้าสู่การแยกทองคำและเงินออกจากสารละลายด้วยกระบวนการที่ใช้กระแสไฟฟ้า (Electrowinning) จะได้แท่งโลหะผสมและส่งไปทำให้บริสุทธิ์ในห้องปฏิบัติการของเอกชนในกรุงเทพมหานครหรือในต่างประเทศเพื่อให้ได้เป็นโลหะทองคำบริสุทธิ์ 99.99% และโลหะเงินบริสุทธิ์ 99.95% (กระทรวงสาธารณะสุข, 2558) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกระบวนการผลิตเหมืองแร่ทองคำ
(กระทรวงสาธารณะสุข, 2555)

2.1.3 สารเคมีและผลกระทบต่อสุขภาพของการผลิตแร่ทองคำ

สิ่งคุกคามสุขภาพ หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่มีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดอันตราย (การบาดเจ็บ การเจ็บป่วย ทุพพลภาพ เสียชีวิต หรืออื่นใดที่มีผลต่อสุขภาพกายและใจ) เช่น สารเคมี อุปกรณ์ รังสี

พลังงาน วิธีการทำงาน หรือสภาพแวดล้อมการทำงาน และในกระบวนการผลิตเหมืองแร่ทองคำส่วนใหญ่มักเกิดสิ่งคุกคามสุขภาพทางกายภาพ และทางเคมี ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนโดยรอบพื้นที่โครงการ รายละเอียดดังตาราง

ตารางที่ 2.1 สิ่งคุกคามสุขภาพและผลกระทบต่อสุขภาพ

สิ่งคุกคามต่อสุขภาพ	ผลกระทบต่อต่อสุขภาพ
สารหนู (Arsenic)	- ระคายเคืองทางเดินหายใจ ผิวหนัง ตา - เป็นสารก่อมะเร็งประเภท A1 ตามบัญชีรายชื่อของ ACGIH และถูกระบุว่าเป็นสารก่อมะเร็งตามบัญชีรายชื่อของ NTP เป็นประเภท 1 ตามบัญชีรายชื่อของ IARC - สารนี้ทำลายตับ ไต ปอด ระบบหายใจ เลือด ก่อให้เกิดเนื้องอก
ตะกั่ว (Lead)	- สารนี้ถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งต่อมนุษย์ในกลุ่ม 2B (IARC) และเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง กลุ่ม A3 (ACGIH) - มีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ระบบย่อยอาหาร ไต โลหิต หัวใจ การเจริญพันธุ์ การพัฒนาการของทารกในครรภ์ - อวัยวะเป้าหมายคือ ตา กระเพาะอาหารและลำไส้ ระบบประสาทส่วนกลาง ไต เลือด เนื้อเยื่อในเหงือก
แมงกานีส (Mn)	- อาการเฉียบพลัน เมื่อหายเข้าไปจะมีอาการไข้สูง แนนหน้าอกและหอบเหนื่อย เกิดโรคไข้ไอโลหะ เจ็บคอ ไอมีเสมหะ - อาการเรื้อรัง ระบบที่จะได้รับผลกระทบมากที่สุดสำหรับการสัมผัสแบบเรื้อรัง คือระบบประสาท ทำให้เกิดอาการทางสมอง
ไซยาไนด์ (Cyanide)	<u>อาการเฉียบพลัน</u> - ทางลมหายใจ จะเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอด เข้าสู่กระแสเลือด - ทางสัมผัส ถูกดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะบริเวณที่มีบาดแผลทำให้เกิดผื่นตามผิวหนัง ไอของก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์จะทำลายเรตินาและประสาทตาทำให้ตาบอด

(กระทรวงสาธารณะสุข, 2558)

2.1.4 ผลกระทบการทำเหมืองแร่ทองคำ

สถานการณ์ในพื้นที่เหมืองแร่ทองคำจังหวัดพิจิตร ตั้งแต่ปี 2552 ได้มีการร้องเรียนจากประชาชนในตำบลเขาเจ็ดลูกเกี่ยวกับการได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการดำเนินกิจการเหมืองทองคำแห่งหนึ่ง และจากข้อมูลในรายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมเหมืองแร่ทองคำแห่งหนึ่งที่จังหวัดพิจิตร ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2547 – 2552 พบปริมาณโลหะหนักในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมีค่าเกินมาตรฐานได้แก่ แมงกานีส สารหนู และปรอท จากข้อมูลกรมอนามัยที่ได้ทำการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปาและน้ำผิวดินในพื้นที่ตำบล เขาเจ็ดลูก อำเภอ ทับล้อ จังหวัดพิจิตร ในปีพ.ศ. 2554 – 2556 พบว่ามีการปนเปื้อนของเหล็กและแมงกานีสมีค่าเกินมาตรฐาน นอกจากนี้ได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานด้านสุขภาพในระดับตำบล (ต. เขาเจ็ดลูก จ. พิจิตร) และข้อมูลสุขภาพย้อนหลัง 5 ปี (พ.ศ. 2548 – 2552) จากฐานข้อมูลคนไข้ที่มารับการรักษาที่โรงพยาบาล โดยเก็บอาการตามรหัส ICD -10 และฐานข้อมูล รง.504 ผู้ป่วยด้วยโรคผื่นภูมิแพ้สัมผัสมีอัตราสูง (กรมอนามัย, 2558)

รูปที่ 2.2 บ่อเก็บกากแร่ หรือบ่อไซยาไนด์ 2 บ่อ ขนาด กว่า 600 และ 1,200 ไร่ ที่ติดชุมชน
(ที่มา : http://oknation.nationtv.tv/blog/pasalarksee/2015/05/17/entry-1)

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานด้านสุขภาพ

พารามิเตอร์	ระดับที่ใช้ในการรักษาคน / ค่าปกติ
แมงกานีสในเลือด	0.30 – 1.00 mg/dL
แคดเมียมในเลือด	0.50 – 1.00 mg/dL

ตะกั่วในเลือด	WHO ค่ามาตรฐานระดับสารตะกั่วในเลือดเด็ก 10 μg/dL CDC ค่ามาตรฐานระดับสารตะกั่วในเลือดเด็ก 5 μg/dL Thai BEls ดัชนีวัดสำหรับการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ประกอบอาชีพที่สัมผัสสารเคมี 30 μg/dL
ไซยาไนด์ในเลือด	คนปกติที่ไม่สูบบุหรี่ระดับไซยาไนด์ 0. 004 μg/mL คนที่สูบบุหรี่ระดับไซยาไนด์ 0. 006 μg/mL
Iron Clotted Blood	0.08 - 0. 16 mg/dL
สารหนูในปัสสาวะ	0 – 2.5 mg/dL

(คู่มือการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์, 2558)

จากข้อมูลปี 2558 (มหาวิทยาลัยรังสิต, 2559) ผลการเก็บตัวอย่างของมหาวิทยาลัยรังสิต ได้รายงานผลการตรวจเลือดของชาวบ้าน 3 จังหวัด คือ พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ จำนวน 1,004 คน ช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน ปีพ.ศ. 2558 พบว่าสารปนเปื้อน ในร่างกายเกินมาตรฐานเช่นเดียวกับผลตรวจปีก่อนหน้านี้ โดยพบแมงกานีสในร่างกายเกินเกณฑ์มาตรฐาน 420 คน หรือ 41.83% มีสารหนูในร่างกายเกินเกณฑ์มาตรฐาน 196 คน หรือ 19.52% มีไซยาไนด์ในร่างกายเกินเกณฑ์มาตรฐาน 59 คน หรือ 5.88% ทั้งนี้ ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กพบแมงกานีสเกินมาตรฐาน 165 คน (55.56%) สารหนูเกินมาตรฐาน 53 คน (17.85%) และไซยาไนด์เกินมาตรฐาน 2 คน (0.67%)

กรณีศึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา แม่น้ำ Animas เปลี่ยนเป็นสีเหลืองภายหลังการปนเปื้อนสารพิษไซยาไนด์และสารหนูจากอุบัติเหตุเหมืองทองคำร้าง Gold King Mine รัฐโคโลราโด อายุเกือบ100 ปี เกิดรั่วไหลจำนวน 1 ล้านแกลลอนเริ่มไหลลงสู่แม่น้ำแอนิมาส (the Animas River) ที่มีความยาวตลอดทั้งสาย 126 ไมล์ ความเป็นกรดของน้ำปนเปื้อนที่เก็บได้บริเวณซีเมนต์ครีก (Cement Creek) ใกล้กับบริเวณที่เกิดเหตุเริ่มการปนเปื้อนครั้งแรก โดยมีค่า PH วัดได้ที่ 3.74 ที่เป็นระดับเดียวกับกรดตามธรรมชาติที่พบในน้ำมะเขือเทศและแอปเปิล และค่าความเป็นกรดของน้ำที่ถูกเก็บได้บริเวณปลายลำน้ำถัดออกไปบริเวณซิลเวอร์ทอน (Silverton) พบว่ามีระดับค่า PH ที่ 4.8 ซึ่งเป็นระดับเดียวเทียบเท่ากับกาแฟดำการปนเปื้อนสารพิษสายน้ำทำให้ปลาตาย 1,000ตัน เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 ดังรูป 5 (ผู้จัดการออนไลน์, 2538)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2.3 แม่น้ำ Animas ปนเปื้อนสารพิษไซยาไนด์และสารหนูจากอุบัติเหตุเหมือง Gold King Mine (ผู้จัดการออนไลน์, 2538)

และจากรูปที่ 2.6 เห็นว่าแม่น้ำน่านอยู่ใกล้บริเวณเหมืองทองคำแห่งหนึ่ง แม่น้ำน่านเป็นแม่น้ำหลักที่ไหลลงเจ้าพระยามากถึงร้อยละ 43 ของปริมาณทั้งหมด ขณะที่แม่น้ำน่านตรงจังหวัดพิจิตรอยู่ห่างจากขอบบ่อไซยาไนด์ที่ใหญ่ที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพียง 23 กิโลเมตร ดังรูปที่ 6

รูปที่ 2.4 แม่น้ำน่านจังหวัดพิจิตรอยู่ห่างจากขอบบ่อไซยาไนด์ที่ใหญ่ที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

(ที่มา : http://thaileak.com/categories/view/14)

Igor Prpic และคณะ (2017) พบว่าสารปรอทสามารถถ่ายทอดจากทางเลือดของมารดาที่ตั้งครรภ์ไปยังบุตรในครรภ์ได้ โดย Mancini และคณะพบว่าคนที่ได้รับปรอทในปริมาณที่มากเกินไปจะมีผลต่อสมองส่วนเซรีเบลลัม(cerebellum) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการตอบสนองต่อกล้ามเนื้อมัดเล็กมีประสิทธิภาพที่น้อยลง (Prpić et al., 2017) มีงานวิจัยออกมาว่าปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย (ปริมาณสารหนู ปริมาณแมงกานีส และปริมาณเฟอร์ริติน) มีผลต่อระบบประสาท

ในการรับรู้ของเด็กด้านความสัมพันธ์ระหว่างการมองเห็นและประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อมัดเล็ก โดยกล้ามเนื้อมัดเล็กเป็นส่วนสำคัญต่อระบบประสาทการเจริญเติบโตของเด็ก ถ้ามีผลต่อเด็กมีผลทำให้เด็กมีประสิทธิภาพในการใช้กล้ามเนื้อที่ช้ากว่าปกติมีผลต่อการเรียนรู้ของเด็ก

2.2 กล้ามเนื้อมัดเล็ก

นักเรียนในช่วงอายุ 9 – 12 ปี เป็นวัยที่มีการพัฒนากล้ามเนื้อมัดใหญ่และเล็กทั้งสองชนิดมีการพัฒนาไปพร้อมกัน หากกล้ามเนื้อมัดใหญ่และเล็กของเด็กทำงานผิดปกติหรือล่าช้ากว่าพัฒนาการทางการเรียนรู้ที่เกิดจากการเคลื่อนไหวร่างกายจะต้องชะงักลง ทำให้ส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันและอาจทำให้เด็กมีพัฒนาการด้านอื่นๆบกพร่องตามไปด้วย โดยเฉพาะพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็กเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของพัฒนาการหลายๆด้านและยังส่งผลต่อการเคลื่อนไหวต่อพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดใหญ่อีกด้วย ตัวอย่างเช่น การจับดินสอหรือปากกา การผูกเชือกรองเท้า การติดกระดุมเสื้อตนเอง การตักอาหารเพื่อรับประทาน เตะลูกบอลหรือโยนลูกบอล ทำให้เกิดการเซล้มได้ง่ายเนื่องจากปัญหาการทรงตัว นอกจากพัฒนาการนั้นยังขึ้นกับปัจจัยด้านต่างๆ เช่น ปัจจัยด้านพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดศักยภาพ ส่วนปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นครอบครัว ชุมชน หรือสังคมใหญ่จะเป็นตัวกำหนดโอกาสความเป็นไปได้ทางด้านการแสดงออกตามแต่ศักยภาพของแต่ละบุคคล

งานวิจัยนี้ใช้หลักการของฟิตส์และสเตียริงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับแท็บเล็ตและปากกาดิตอลซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างที่สะดวกในการเคลื่อนย้ายและเก็บตัวอย่างได้ง่าย งานวิจัยในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อมัดเล็ก และผลกระทบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อมัดเล็ก แต่เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานที่เหมาะสมและเป็นตัวชี้วัดทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริง จึงใช้หลักการของฟิตส์และสเตียริงซึ่งเป็นที่ยอมรับในการพฤติกรรมของมนุษย์และปัจจัยมนุษย์ ในการส่งผ่านข้อมูลของมนุษย์ที่ทำงานปฏิสัมพันธ์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Human Computer Interface: HCI) แปรผลออกมาเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์

2.2.1 ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก

ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก มีผู้ให้ความหมายดังนี้

Fros & Kissinger (เยาวพา เดชะคุปต์, 2528) กล่าวถึงความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก เพื่อทำกิจกรรมต่างๆซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อมือและตาเกี่ยวกับทักษะต่างๆในการช่วยเหลือตัวเอง เช่น การติดกระดุม รับลูกบอลที่เดาะเพียงครั้งเดียว

ฝ่ายกิจกรรมชุมชน สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย (ฝ่ายกิจกรรมชุมชน สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย, 2557) อธิบายว่าความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก หมายถึง

การใช้มือในการหยิบจับสิ่งของ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการพัฒนาการเขียน การทำงานในชีวิตประจำวัน และการช่วยเหลือตัวเอง ซึ่งถ้าหากความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กไม่ดีนั้น ส่งผลต่อการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะด้านอื่นๆ

อธิษฐาน พูลศิลป์ศักดิ์กุล (2546) อธิบายว่า กล้ามเนื้อมัดเล็กมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันโดยกล้ามเนื้อมัดเล็กเป็นอวัยวะหนึ่งในการประกอบกิจวัตรประจำวันด้วยตนเอง เช่น การใส่ถอดกระดุม รูดซิป การแปรงฟัน ผูกเชือกรองเท้า งานศิลปะ รวมทั้งการขีดเขียน ถ้าเด็กใช้กล้ามเนื้อเล็กได้คล่องแคล่ว จะช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านต่างๆ

เกศยุพี วัฒนะธนากร และคณะ (2552) ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก หมายถึง การทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันของกล้ามเนื้อแขน มือ และนิ้วมือ และประสาทสัมผัสทำให้สามารถทำกิจกรรมต่างๆ และช่วยเหลือตัวเอง ในชีวิตประจำวันได้อย่างคล่องแคล่วมีประสิทธิภาพตามความถนัด

เยาวพา เดชะคุปต์ (2528) การสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กและสายตาทำงานสัมพันธ์กันได้ดีของเด็กในการใช้มือ นิ้วมือ และสายตา ซึ่งประสานกันของกลไลทางสมองและกายภาพนั้นมีความสำคัญยิ่งต่อการเขียน

จากทฤษฎีดังกล่าวสรุปได้ว่า ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก หมายถึง ความสามารถในการบังคับและควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ มือ ข้อมือ และไหล่ ที่มีการประสานกันระหว่างการมองเห็นและประสาทสัมผัส โดยกล้ามเนื้อมัดเล็กจะมีพัฒนาการหลังจากกล้ามเนื้อมัดใหญ่เป็นไปตามลำดับการเจิญเติบโต วุฒิภาวะ การเรียนรู้ และสภาพแวดล้อมของเด็ก

2.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก

ทฤษฎีพัฒนาการของกีเซล (Gesell, 1940) ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาพัฒนาการได้กล่าวว่า ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กสามารถแบ่งออกเป็นระยะและมีขั้นตอนพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กนั้น มีความสำคัญแก่ ชีวิตเพราะเป็นรากฐานของบุคคลเมื่อเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่ พฤติกรรมของบุคคลจะมีอิทธิพลมาจากความพร้อม ทางร่างกาย ได้แก่ กล้ามเนื้อ กระดูก และประสาทต่างๆ สิ่งแวดล้อมเป็นส่วนประกอบของการเปลี่ยนแปลง แบ่งพัฒนาการเด็กออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. พฤติกรรมด้านการเคลื่อนไหว (Motor Behavior) เป็นความสามารถของร่างกายที่บังคับอวัยวะต่างๆของ ร่างกายและความสัมพันธ์ทางด้านการเคลื่อนไหวทั้งหมด

2. พฤติกรรมทางด้านภาษา (Language Behavior) ประกอบด้วย วิธีสื่อสารทุกชนิด เช่น การแสดงออกทาง หน้าตา ท่าทาง การเคลื่อนไหวท่าทางของร่างกาย ความสามารถในการเปล่งเสียงและภาษาพูด การเข้าใจในการ สื่อสารกับผู้อื่น

3. พฤติกรรมทางด้านนิสัยส่วนตัวและสังคม (Personal – Social Behavior) เป็นความสามารถในการปรับตัว ของเด็กระหว่างบุคคลและบุคคลกับกลุ่มภายใต้ภาวะแวดล้อม และสภาพความเป็นจริงนับเป็นการปรับตัวที่ต้อง อาศัยความเจริญของสมอง และระบบการเคลื่อนไหวประกอบ

ในส่วนที่เกี่ยวกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก กีเซลพบว่าก่อนที่คนเราจะทำอะไรง่ายๆ เช่น การหยิบปากกาได้นั้น มีการเรียนรู้หลายขั้น ขั้นแรกทารกใช้มือตะปบ ขั้นต่อมาจับด้วยมือ 4 นิ้วติดกันกับฝ่ามือโดยเริ่มใช้ฝ่ามือตอนใกล้ๆสันมือ ต่อมาจะเลื่อนไปใช้ใจกลางมือแล้วใช้หัวแม่มือค่อยๆเลื่อนมาจับ ขั้นสุดท้ายคือการหยิบของด้วยนิ้วหัวแม่มือกับปลายนิ้ว ยิ่งไปกว่านั้น

กีเซลได้ตั้งข้อสังเกตว่าการควบคุมปฏิบัติการแห่งกล้ามเนื้อของคนเรามีพัฒนาการเริ่มจากศีรษะจรดเท้าเรียกว่า Cephalo - CaudalSequence คือหันศีรษะได้ก่อนชัน คอ แล้วจึงคว่ำ คืบ คลาน นั่ง ยืน เดิน และวิ่งตามลาดับ ส่วนพัฒนาการ การควบคุมปฏิบัติการกล้ามเนื้อ เริ่มจากใกล้ลำตัวก่อนเรียกว่าProximodistalSequence เช่นที่แขนขาทารกย่อมบังคับการเคลื่อนไหวแกว่งแขนขาได้ก่อนมือ และเท้า เด็กใช้แขนคล่องก่อนมือ และใช้มือคล่องก่อนนิ้ว ดังนั้นเด็กเล็กๆ เมื่อต้องการจับอะไรก็ผวาไปทั้งตัวต่อมาจึงยื่นออกไปเฉพาะตัวแขนแล้วจึงใช้มือและนิ้วดังกล่าว ถ้าจะให้เด็กเล็กๆเขียนหนังสือมักจะได้ตัวโตเพราะกล้ามเนื้อมือยังใช้ไม่คล่องได้วาดแขนไปกว้างๆ ต่อมาเมื่อการบังคับกล้ามเนื้อบรรลุวุฒิภาวะแล้วจึงสามารถเขียนตัวเล็กๆได้เพราะสามารถบังคับกล้ามเนื้อมือและนิ้วได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นว่าทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กนั้นแสดงให้เห็นว่า เด็กจะมีพัฒนาการของความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กเริ่มมาจากการเคลื่อนไหวอวัยวะในส่วนต่างๆที่เรียกว่ากล้ามเนื้อมัดใหญ่ก่อน แล้วจึงค่อยๆพัฒนามาเป็นการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก ซึ่งจะเป็นไปตามวุฒิภาวะและการเรียนรู้ของเด็ก

2.2.3 กิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก

กิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อเล็ก (Fine-Motor Development Activities) หมายถึง กิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อมือและตาให้ทำงานอย่างประสานสัมพันธ์ที่ดี ได้แก่ กิจกรรมที่เด็กได้หยิบจับสิ่งของ ตุ๊กตา เครื่องเล่น ตลอดจนการช่วยตนเองในการแต่งตัว การทำความสะอาดร่างกาย การรับประทานอาหาร ตลอดจนกิจกรรมศิลปะต่างๆ ที่เด็กได้ทำที่โรงเรียนเพื่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อเล็ก ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงความสามารถ

ในการควบคุมและการทำงานประสานสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกล้ามเนื้อมือและตาในการทำกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้มือและตาในการบังคับควบคุม เช่น การหยิบจับสิ่งของ การหิ้วหรือถือของ การร้อยพวงมาลัย การจับดินสอหรือสีในการวาดรูปหรือขีดเขียนในเด็กปฐมวัย (ดร. นิติธร ปิลวาสน์, 2547)

การจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมพัฒนาการด้านกล้ามเนื้อเล็กมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมือ ตา เพื่อพัฒนาความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อเล็กของร่างกายได้อย่างประสานสัมพันธ์กัน เพื่อวางรากฐานในการใช้มือที่ถนัดและเตรียมความพร้อมที่จะเขียนและอ่านต่อไป แต่ครูและผู้ปกครองส่วนมากมักผลักดันให้เด็กฝึกการเขียนในขณะที่เด็กยังไม่พร้อม กล้ามเนื้อเล็กยังไม่พัฒนาทำให้เด็กเกิดความเครียดและไม่มีความสุขในการเขียน และอาจมีผลในเชิงลบต่อการเรียนรู้ทักษะทางภาษาในอนาคตต่อไปด้วย

2.2.3.1 ความสำคัญของกิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก

เด็กในแต่ละช่วงอายุมีความแตกต่างกันทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคม และสติปัญญา แต่พัฒนาการที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน คือ พัฒนาการด้านร่างกาย โดยสังเกตได้จากการเจริญเติบโตของร่างกายอันได้แก่ส่วนที่เป็นน้ำหนักตัวและส่วนสูงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลมาจากภาวะโภชนาการและพฤติกรรมการบริโภคของเด็ก ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่ในเรื่องอาหารการกินจากครอบครัวและโรงเรียน ส่วนพัฒนาการด้านร่างกายไม่ได้หมายถึงเฉพาะพัฒนาการในส่วนที่เป็นการเจริญเติบโตที่สามารถมองเห็นในส่วนของน้ำหนักและส่วนสูงเท่านั้น แต่พัฒนาการด้านร่างกายครอบคลุมองค์ประกอบต่างๆ 5 ส่วนดังนี้

1. การเจริญเติบโตทางกายภาพ (Physical Growth)
2. วุฒิภาวะ (Maturation)
3. ประสาทสัมผัสและการรับรู้ (Sensation and Perception)
4. การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อใหญ่ (Gross Motor)
5. การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเล็ก (Fine Motor)

กล้ามเนื้อเล็กของเด็กปฐมวัยได้แก่ กล้ามเนื้อนิ้วมือและกล้ามเนื้อตา กล้ามเนื้อทั้งสองส่วนมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเขียนของเด็ก เนื่องจากกล้ามเนื้อเล็กเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหยิบจับสิ่งของตุ๊กตาและของเล่น การดึง การกด การหยอดบล็อก ตลอดจนการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน เช่น การติดกระดุม การผูกเชือกรองเท้า การจับช้อน- ส้อมในการรับประทานอาหาร การอาบน้ำแปรงฟัน เด็กที่มีสายตาดีจะเที่ยวมอง ค้นหาสำรวจสิ่งต่างๆด้วยความอยากรู้อยากเห็น เมื่อพบสิ่งของที่น่าสนใจเด็กจะหยิบจับสิ่งนั้น การใช้ตาดูสิ่งของและจับสิ่งนั้นได้เป็นความสามารถในการใช้ประสาทตาและประสาท นิ้วมืออย่างประสานสัมพันธ์ การพัฒนากล้ามเนื้อเล็กจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการใช้กล้ามเนื้อเล็กได้อย่างประสานสัมพันธ์ พัฒนาการด้าน

กล้ามเนื้อเล็กของเด็กเป็นพัฒนาการที่เป็นพื้นฐานของการเขียนครูและผู้ปกครองส่วนมากมักผลักดันให้เด็กฝึกเขียนในขณะที่เด็กยังไม่พร้อม กล้ามเนื้อเล็กยังไม่พัฒนาทำให้เด็กไม่มีความสุข และไม่สนุกกับการเขียน ก่อนที่ครูจะให้เด็กเขียนจึงต้องพิจารณาสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1. พัฒนาการทางกล้ามเนื้อเล็ก
2. การประสานสัมพันธ์ระหว่างมือกับตา
3. ความสามารถในการจับดินสอ
4. ความสามารถในการขีดเส้นพื้นฐาน
5. การรับรู้ตัวอักษร
6. ความคุ้นเคยกับตัวอักษร

ทั้ง 6 ประการมีข้อ 1 ถึง 4 ที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อเล็ก ส่วนข้อ 5 และ 6 เป็นเรื่องการรับรู้ เด็กจะมีความสามารถในการเขียนเมื่อเด็กควบคุมข้อมือและกล้ามเนื้อนิ้วมือ ความสามารถนี้เกิดขึ้นได้โดยการหยิบจับหรือเล่นกับวัสดุอุปกรณ์และเกมต่างๆ เช่น การเล่นหยอดบล็อก การปั้นดินน้ำมัน การเล่นภาพตัดต่อ การเล่นก่อสร้าง การเล่นน้ำเล่นทราย การรูดซิป การผูกเชือกรองเท้า การติดกระดุมเสื้อ การใช้กรรไกรตัดกระดาษ การวาดภาพระบายสี และการทำกิจกรรมศิลปะอื่นๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า กิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อเล็กเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความพร้อมในการเขียน ซึ่งเป็นทักษะทางภาษาของเด็กปฐมวัย (กุลยา ตันติผลาชีวะ, 2547)

2.2.3.2 ประโยชน์ต่อเด็กที่ได้จากกิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก

ประโยชน์ของการจัดกิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อเล็กมีความสำคัญต่อการส่งเสริมพัฒนาการทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคมและสติ ปัญญาของเด็กปฐมวัย (อมรินทร์เบบี้&คิตส์, 2560)

1. การจัดกิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อเล็กมีความสำคัญต่อการเตรียมความพร้อมในการเขียน ซึ่งต้องอาศัยการประสานสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสายตากับมือ ตลอดจนการควบคุมกล้ามเนื้อมือและแขน

2. ช่วยให้เด็กได้พัฒนาสมองและความฉับไวในการคิด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของเพียเจท์ (Piaget) ที่กล่าวว่า สติ ปัญญากับการเคลื่อนไหวมีความสัมพันธ์กัน เมื่อเด็กได้เคลื่อนไหวสมองของคนเราจะทำงานไปพร้อมๆกัน การฝึกฝนความคล่องแคล่วว่องไวของการใช้กล้ามเนื้อมือที่ประสานสัมพันธ์กันอย่างมากกับการคิดอันฉับไวของเด็ก และในทางตรงกันข้าม เด็กที่ไม่มีความสามารถเคลื่อนไหวนิ้วมือได้อย่างคล่องแคล่วมักจะคิดอะไรช้าด้วย

3. เป็นการส่งเสริมเด็กในด้านการแสดงออกทางด้านความรู้สึกและจินตนาการ การจัดกิจกรรมส่งเสริมพัฒนาการกล้ามเนื้อเล็กประเภทกิจกรรมสร้างสรรค์ต่างๆ การวาดภาพระบายสี การปั้นดินน้ำมัน การทดลองด้วยสี การตัด พับ ฉีกปะกระดาษ การทำศิลปะประดิษฐ์ ฯลฯ

4. เพื่อพัฒนาความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมือและตาให้สัมพันธ์กัน การบังคับกล้ามเนื้อทั้งสองส่วนนี้จะพัฒนาเด็กให้มีความสามารถในการหยิบจับสิ่งของต่างๆ ได้อย่างมั่นคง เช่น เมื่อเด็กได้รับการฝึกฝนจนกล้ามเนื้อประสานสัมพันธ์กันดีแล้ว เด็กจะจับดินสอได้อย่างมั่นคงมีความพร้อมในการเขียนหรือการใช้มือในการทำกิจ กรรมอื่นๆ การจับช้อนส้อมในการรับประทานอาหาร การถือสิ่งของ การแปรงฟัน ฯลฯ

5. ส่งเสริมให้เด็กมีความพร้อมในการอ่าน การทำงานประสานสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกล้ามเนื้อมือและตาจะช่วยให้เด็กสามารถที่จะใช้สายตาในการมองตัวหนังสือ การหยิบจับหนังสือ และมองตัวอักษรในหนังสือจากซ้ายไปขวาอันเป็นพื้นฐานในการฝึกอ่านอย่างคล่องแคล่วในระดับต่อไป

6. ส่งเสริมให้เด็กเรียนรู้ในการสำรวจ เปรียบเทียบ และแบ่งประเภทของสิ่งต่างๆรอบตัว

7. เด็กได้สร้างภาพพจน์ของตนเองและทักษะทางสังคม ทำให้ร่วมเล่นและทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนได้

8. สามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆในชีวิตประจำวันได้

2.2.3.3 กิจกรรมที่ส่งเสริมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก

ความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อเล็กมีความสำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวัน โดยกล้ามเนื้อมัดเล็กเป็นอวัยวะหนึ่งในการประกอบกิจกรรมต่างๆของเด็ก เช่น ติดกระดุม การผูกเชือกรองเท้า การเทน้ำใส่แก้ว การดื่มนม การรับ ประทานอาหาร การทำงานศิลปะ รวมทั้งการขีด การเขียน ถ้าเด็กสามารถใช้กล้ามเนื้อ มัดเล็กได้อย่างคล่องแคล่ว จะช่วยพัฒนาเด็กให้มีพัฒนาการทางด้านต่างๆดีไปพร้อมๆกัน กุลยา ตันติผลาชีวะ (2547) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมโดยครูปฐมวัยเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อเล็กให้กับเด็ก ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์ ประกอบด้วย

การปั้น ได้แก่ การปั้นดินน้ำมัน การปั้นดินเหนียว การปั้นทรายผสมกาวและน้ำ การปั้นแป้งโดเป็นเรื่องราวหรือตามจินตนาการของเด็ก การใช้หมุดหรือไม้จิ้มฟันเล่นกับแป้งโด การใช้มีดพลาสติกตัดแป้งโด

การวาดภาพระบายสี เช่น การวาดภาพระบายสีด้วยสีเทียนหรือสีไม้ การวาดภาพด้วยพู่กันหรือแปรงทาสีอันเล็กๆ และใช้สีน้ำ สีฝุ่น หรือสีโปสเตอร์ การวาดภาพด้วยนิ้วมือด้วยแป้งมันผสมสีหรือโคลน การวาดภาพด้วยกาวน้ำ โรยทรายสี หรือโรยขี้เลื่อยไม้ป่นผสมสี หรือกาบมะพร้าวป่นผสมสีวาดภาพด้วยเชือกหรือหลอดด้าย

การพิมพ์ภาพ เช่น การพิมพ์ภาพด้วยเศษวัสดุหรือฟองน้ำหรือกระดาษขยุ้มหรือใบไม้ ก้านกล้วย

การทดลองด้วยสี เช่น การเทสี การหยดสี การพับสี การจุ่มสี การกลิ้งสี การทับสี การเป่าสี การลูบสี การละเลงสีด้วยนิ้วมือ มือ ข้อศอก

งานกระดาษ เช่น การฉีก พับ ตัด ปะกระดาษ การขยำกระดาษ การม้วนกระดาษ

การถักสานกระดาษประดิษฐ์จากเศษวัสดุ เช่น การประดิษฐ์รถลาก การประดิษฐ์ตุ๊กตา หุ่นมือ หุ่นนิ้วมือ การประดิษฐ์ของ

กิจกรรมการเล่นตามมุมหรือกิจกรรมเสรี ประกอบด้วย

มุมเครื่องเล่นสัมผัส เช่น การร้อยลูกปัด การร้อยดอกไม้ การเย็บกระดุม การรูดซิป การเรียงสี การเล่นหรือเรียงไม้หนีบ การปักหมุด การหยอดบล็อก

มุมบล็อก เช่น การต่อบล็อกต่างๆ บล็อกไม้ บล็อกพลาสติก บล็อกชุด บล็อกกลวง บล็อกผลิตเอง การต่อตัวต่อพลาสติกต่างๆ

มุมช่างไม้ เช่น การตอกตะปู การต่อไม้ การสร้างบ้านจำลอง การเล่นชุดเครื่องเล่นช่างไม้

มุมดนตรี เช่น การเขย่าลูกแซ็ค การตีกลอง ตีฉาบ ตีฉิ่ง ตีระนาด เป่าปี่ ดีดเปียโน ดีดกีตาร์ การเล่นดนตรีพื้นบ้านของแต่ละภาค หรือการประดิษฐ์เครื่องดนตรีจากเศษวัสดุเหลือใช้

มุมวิทยาศาสตร์เช่น การเล่นแท่งแม่เหล็ก การสัมผัสถุงทราย ถุงใส่เมล็ดธัญพืช การจำแนกเปลือกหอยตามสี รูปร่าง การจับหรือสัมผัสสมุดสะสมดอกไม้หรือใบไม้ การจำแนกเสียงจากการตีขวดน้ำผสมสีที่มีปริมาณต่างกัน

มุมคณิตศาสตร์ เช่น การชั่งสิ่งของต่างๆด้วยตาชั่ง การนับจำนวนเมล็ดผลไม้ต่างๆ การเปรียบเทียบขนาดของผลไม้ การจัดกลุ่มสื่อหรือวัสดุประจำมุมคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ต่างๆ ที่เด็กเลือก การเรียงลำดับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เรียนรู้ประจำหน่วยจากเล็กไปหาใหญ่หรือใหญ่ไปหาเล็ก

มุมบ้านหรือมุมบทบาทสมมติ เช่น การเล่นบทบาทสมมติเป็นหมอหรือพยาบาล โดยใช้เครื่องมือแพทย์ ใช้เครื่องมือวัดไข้ การเล่นฉีดยาให้ผู้ป่วย การสวมเสื้ออาชีพต่างๆ การติดกระดุมเสื้อ การสวมรองเท้า การเล่นโทร ศัพท์ เปลี่ยนเสื้อผ้าให้ตุ๊กตา

มุมหนังสือ เช่น การเปิด ปิดหนังสือ การอ่านภาพหรืออ่านตัวหนังสือโดยกวาดสายตาจากซ้ายไปขวา

มุมโรงหุ่นหรือโรงละคร เช่น การเชิดหุ่นมือ หุ่นนิ้วมือ หุ่นถุงกระดาษ

กิจกรรมกลางแจ้ง ประกอบด้วย

เกมพลศึกษา เช่น การแข่งขันโยนลูกบอลลงตะกร้า กิจกรรมเกมแข่งขันคีบลูกปิงปองด้วยไม้ตะเกียบ เกมขี่ม้าส่งเมือง การโยนรับลูกบอล เกมโยนถุงถั่วลงตะกร้า

การละเล่นพื้นบ้าน เช่น การโยนห่วงยางหรือลูกช่วง การเล่นกำทาย การทอยราว การเล่นหมากเก็บ การเล่นหมากขุม การเล่นอีตัก การทอยลูกสะบ้า

การเล่นดินหรือเล่นทรายในสนาม เช่น การใช้ไม้ขีดเขียนเล่นบนดิน การใช้มือขีดเขียนเล่นบนทรายเปียก การขุดอุโมงค์ การก่อเจดีย์ทราย

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างสื่อและอุปกรณ์ในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก
(ที่มา : http://region6.cbo.moph.go.th/002_student.pdf)

กิจกรรมเสริมประสบการณ์ ประกอบด้วย

การประกอบอาหาร เช่น การคลึงแป้งเป็นลูกกลมๆเพื่อทำขนมบัวลอย การเทน้ำส้มคั้นลงไปในแก้ว การเทแป้ง น้ำตาลลงในหม้อขนม การใช้ทัพพีตักข้าวใส่จาน การคนหรือกวนแป้งในกระทะ การใช้มีดสำหรับเด็กหั่นผักหรือผลไม้เป็นชิ้นๆเพื่อทำสลัดผัก ผลไม้ การจำแนกหรือจัดกลุ่มผลไม้หรือผัก การล้างผัก

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลองเป่าฟองสบู่ กิจกรรมหมุดลอยน้ำ ทดลองกรองน้ำให้สะอาด การสัมผัสวัสดุที่อยู่ในกล่องทึบ คลิปกระดาษลอยน้ำ

การศึกษานอกสถานที่ เช่น การสำรวจมด แมลงด้วยการส่องด้วยแว่นขยาย การจับหรือสัมผัสต้นไม้หรือเปลือกไม้เพื่อสำรวจว่ามีผิวเรียบ ขรุขระแตกต่างกันอย่างไร การวาดรูปหรือขีดเขียนเพื่อบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการศึกษานอกสถานที่

เกมการศึกษา ประกอบด้วย การฝึกการประสานสัมพันธ์ระหว่างตากับมือจากการเล่นเกมจับคู่ เช่น การจับคู่ภาพที่เหมือนกัน การจับคู่ภาพกับคำ การจับคู่แบบอุปมาอุปไมย การจับคู่สิ่งของที่ใช้คู่กัน การจับคู่ภาพกับโครงร่าง เกมเรียงลำ ดับภาพ เรียงลำดับจำนวน เกมภาพตัดต่อ เกมอนุกรม เกมล็อตโต เกมโดมิโน

กิจกรรมเคลื่อนไหวและจังหวะ ประกอบด้วย

การเคลื่อนไหวร่างกายประกอบเพลง เช่น การเคลื่อนไหวมือและนิ้วมือประกอบเพลง แมงมุม เพลงส้ม เพลงแตงโม เพลงโรงเรียนของเรา เพลงรถไฟ เพลงนิ้วมือของฉัน

การเคลื่อนไหวร่างกายประกอบคำคล้องจอง เช่น การเคลื่อนไหวนิ้วมือประกอบคำคล้องจอง ไข่ 10 ฟอง คำคล้องจอง ฝนตกพรำๆ คำคล้องจองตบมือ คำคล้องจองนับจำนวน คำคล้องจองนับเลข

กิจกรรมเบ็ดเตล็ดอื่นๆ เช่น การตบมือ การสัมผัสอวัยวะส่วนต่างๆของร่างกาย การเดินแบบปูด้วยนิ้วมือ การใช้มือเดิน (นิ้วมือ) การจับลูกโป่งหรือฟองสบู่ให้อยู่ในมือ การใช้มือข้างใดข้างหนึ่งเอื้อมข้ามศีรษะไปหยิบสิ่งของอีกด้านหนึ่ง

การฝึกลีลามือ เป็นกิจกรรมเตรียมความพร้อมไปสู่ทักษะการเขียน เช่น การลากเส้นจากซ้ายไปขวา การลากเส้นจากบนลงล่าง การเขียนเส้นโค้ง การลากเส้นตามรอยประ การเขียนเส้นพื้นฐานต่างๆเพื่อฝึกความมั่นคงของการใช้มือ นิ้วมือ และการประสานสัมพันธ์ที่ดีระหว่างมือกับตา

2.2.4 วิธีการประเมินพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก

วิธีการประเมินพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กที่มีอยู่ในปัจจุบันมันเป็นรูปแบบการทำกิจกรรมต่างๆ โดยใช้คำสั่งในการทำกิจกรรม เช่น การวาดรูปเรขาคณิต การเขียน การระบายสี การต่อจิ๊กซอร์ หรือกิจกรรมต่างๆที่ส่งเสริมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินผลแต่ละกิจกรรม ดังเช่น

1) การประเมินพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กของ Bayley Scales of Infant and Toddler Development - Third Edition (BSID-III) (Bayley, 2006) เป็นแบบประเมินพัฒนาการมาตรฐานในเด็กเล็กอายุ 1 ถึง 42 เดือน ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะค้นหาและวินิจฉัยภาวะพัฒนาการช้า รวมทั้งให้ข้อมูลที่สำคัญต่อการวางแผนกระตุ้นพัฒนาการในเด็กรายนั้นต่อไป BSID จึงเป็นที่นิยมและถูกนำมาใช้ในหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัย โดยประเมินพัฒนาการครอบคลุม 5 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านสติปัญญา (Cognitive domain) ด้านภาษา (Languagedomain) ซึ่งแยกเป็นความเข้าใจภาษาและการใช้ภาษา (Receptive and expressive communication subtest)การทำงานของกล้ามเนื้อ (Motor domain) ซึ่งแบ่งเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่และมัดเล็ก (Gross and Fine motor subtest) ด้านสังคมและอารมณ์ (Social-Emotionaldomain) และ ด้านทักษะการปรับตัว (Adaptive domain)

2) The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency – Second Edition (BOT-2) (R. Bruininks & Bruininks, 2005) เป็นการทดสอบความสามารถทางด้านระบบประสาทสั่งการสำหรับเด็กอายุ 4 ถึง 21 ปี ประกอบด้วยพัฒนาการกล้ามเนื้อ 2 ส่วน คือ พัฒนาการกล้ามเนื้อ

มัดใหญ่ เช่น การเคลื่อนไหวร่างกายสองซีกร่วมกัน (Bilateral Coordination)การควบคุมการทรงตัว (Balance) ความเร็วในการวิ่ง (Running Speed) และความคล่องตัวกับความแข็งแกร่ง (Agility, Strength) และพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็ก เช่น ความแม่นยำของกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine-Motor Precision) การบูรณาการของกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine Motor Motor, Manual) ความชำนาญในการทำงานของมือ (Manual Dexterity) และ การประสานของแขน (Upper-Extremity Coordination) มีผลคะแนนรวม 4 แบบ ได้แก่ การประสานงานของมือและแขน (Manual Coordination) การประสานงานของร่างกาย (Body Coordination) ความคล่องตัวกับความแข็งแกร่ง (Agility, Strength) และการประสานงานของกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine-Motor Coordination) การทดสอบทั้งหมดต้องใช้เวลา 45 ถึง 60 นาทีในการทดสอบมีลักษณะการประเมินเป็นคำสั่งและคำถามแล้วให้คะแนนในแต่ละกิจกรรมและแต่ละคำถามแบบประเมินที่กล่าวมานี้ใช้แบบประเมินจากคำถามหรือกิจกรรมต่างๆ แล้วให้คะแนนเป็นค่าน้ำหนักแต่ละคำสั่งและแต่ละคำถาม

3) Sensory Integration and Praxis Test (SIPT) (Ayres, 1989) เป็นแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินปัญหาการทำงานของระบบการรับความรู้สึก (Sensory Functioning) ในด้านต่างๆ และการวางแผนการเคลื่อนไหว (Motor Planning) ในเด็กวัย 4 ปี ถึง 8 ปี 11 เดือน เป็นแบบประเมินมาตรฐานแบบเดียวที่สามารถวัดปัญหาด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลการรับความรู้สึกบกพร่องได้ (Sensory Integrative Dysfunction) ไม่ว่าจะเป็นการประมวลผลระบบการทรงตัว (Vestibular Processing) ระบบกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ (Proprioceptive Processing) ระบบสัมผัส (Tactile Processing) การทำงานร่วมกันของร่างกายสองซีก ทักษะการเรียงลำดับเหตุการณ์ ความสามารถด้านการรับรู้จากการมองเห็น (Visual Motor) การรับรู้ระยะห่าง (Spatial Perception) และการวางแผนการเคลื่อนไหว (Motor Planning)

4) Miller Assessment for Preschoolers (MAP) (M., 1988) แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้ในการประเมินความพร้อมด้านทักษะพื้นฐานที่มีผลต่อการเรียนรู้ของเด็กที่มีอายุระหว่าง 2 ปี 9 เดือน ถึง 5 ปี 8 เดือน ซึ่งเป็นการประเมินพัฒนาการที่ครอบคลุมถึงด้านพฤติกรรม (Behavioral) การใช้กล้ามเนื้อ (Motor) และการรับรู้เรียนรู้ (Cognitive) โดยวิธีการตรวจประเมินในแต่ละหัวข้อจะเป็นการประเมินผ่านการเล่นเกมส์ต่างๆ ตามข้อกำหนดของแต่ละช่วงอายุ

5) Peabody Developmental Motor Scales - Second Edition (PDMS-2) (Folio & R, 2000) แบบประเมินที่ใช้ในการประเมินระดับพัฒนาการด้าน กล้ามเนื้อมัดใหญ่และกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กตั้งแต่แรกเกิดถึง 5 ปี

6) The Beery-Buktenica Development Test of Visual-Motor Integration (VMI) (Beery, Buktenica, & Beery, 2010) เป็นแบบทดสอบมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับเด็ก

อายุ 3 ปี – ผู้ใหญ่ เพื่อประเมินความสามารถของบุคคลในการถ่ายโอนข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปสู่การเคลื่อนไหว เช่น การบูรณาการข้อมูลระหว่างการมองเห็นและการเคลื่อนไหว (visual-motor integration) ซึ่งเป็นการทำงานของระบบประสาทที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะในด้านการเขียนและการวาดรูป ทั้งยังเป็นส่วนที่ทำให้เด็กมีความสามารถในการควบคุมการใช้ดินสอและควบคุมท่าทางต่างๆที่จำเป็นสำหรับงานเขียน

7) Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children (DOTCA-Ch) (Katz, Parush, & Bar-Ilan, 2004) แบบประเมินที่ออกแบบมาเพื่อประเมินระดับความสามารถด้านการรับรู้ (Perceptual) กล้ามเนื้อ (Motor) และความรู้ความเข้าใจ (Cognitive) ของเด็กวัย 6 - 12 ปี

รูปที่ 2.6 แบบประเมินพัฒนาการมาตรฐานในเด็กเล็ก Bayley Scales of Infant and Toddler Development

(ที่มา : https://www.thinglink.com/scene/827192882958958594)

นอกจากการสร้างแบบประเมินมาตรฐานที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายดังเช่นตัวอย่างข้างต้นแล้วยังสามารถนำแนวคิดด้านการบริหารองค์กรมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการพัฒนาการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กปฐมวัยศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนเทศบาล 3 ศรีสว่าง สังกัดเทศบาลเมืองเลย จังหวัดเลย โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยใช้ทฤษฎีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบบันไดเวียนตามแนวคิดของ Kurt Lewin ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในการบริหารการเปลี่ยนแปลงในองค์กร (ปวีณ์กร ทาสาลี, 2559)

เนื่องจากวิธีการประเมินพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็กที่กล่าวมาแล้วนั้นมีลักษณะการประเมินเป็นคำสั่งของกิจกรรมต่างๆ หรือการตอบคำถามและมีการสร้างเกณฑ์คะแนนในแต่ละกิจกรรมและเกณฑ์คะแนนของคำตอบในแต่ละคำถาม โดยแบบประเมินที่กล่าวมานี้ไม่สามารถเทียบกับลักษณะกิจกรรมที่มีความต่างกันได้ เนื่องจากการประเมินความมารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในแต่ละ

ลักษณะงานที่หลากหลายมีความยากง่ายแตกต่างกันเฉพาะแต่ละบุคคลคนและไม่มีมาตรฐานของแบบประเมินที่ได้ทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กในแต่ละบุคคล

2.3 พัฒนาการการเขียนและการจับดินสอของเด็ก

การเขียนเป็นการพัฒนาการทางภาษาที่มีความสำคัญไม่แตกต่างจากการฟัง การพูด และการอ่าน จุดมุ่งหมายของการเขียนในเด็กปฐมวัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการเขียนจากขั้นง่ายๆ ไปสู่ขั้นที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น เด็กต้องการประสบการณ์ในการเขียนตั้งแต่การทำเครื่องหมาย การทดลองเขียนคำ การเขียนประโยค เพื่อที่จะได้เกิดสิ่งที่ค้นพบว่าเครื่องหมายต่างๆ ที่เด็กได้ทดลองนั้นมีความหมายสำหรับตนเอง การเขียนเป็นทักษะที่มีความยุ่งยากเพราะต้องใช้ความคิด ความรู้สึกประสบการณ์และความสามารถเฉพาะตัวของเด็กแต่ละคน ฉะนั้นรอยขีดๆเขียนๆ ซึ่งอาจจะเขียนอย่างมีความหมายและไม่มีความหมายตามความเป็นจริงหรือไม่นั้นจะเป็นการพัฒนาด้านการเขียนเป็นขั้นๆไป ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้วการพัฒนาการเขียนเริ่มจากการจับปากกาหรือดินสอลากไปบนกระดาษ แล้วสามารถบอกได้ว่ารอยขีดเขียนต่างๆที่ปรากฏในกระดาษนั้นคืออะไร ตลอดจนเด็กสามารถเชื่อมโยงเป็นเรื่องราวได้อย่างไรบ้าง และให้ตระหนักอยู่ตลอดเวลาว่าการเขียนของเด็กปฐมวัย คือการที่เด็กขีดเขียนถ่ายทอดเรื่องราวความคิดออกมาอย่างมีความหมาย เด็กสามารถบอกได้ว่าเขาเขียนอะไร การเขียนของเด็กไม่เน้นความสวยงามหรือถูกต้องตามหลักการเขียน แต่การเขียนในเด็กปฐมวัยจะเป็นไปตามพัฒนาการและความสามารถเฉพาะของเด็กแต่ละคน ประเด็นตรงนี้ผู้ใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับเด็กทุกฝ่ายจะต้องมีความรู้ความเข้าใจและนำไปปฏิบัติ อย่าบังคับให้เด็กเขียนในขณะที่เด็กยังไม่พร้อมที่จะเขียนและบังคับให้เด็กเขียนตามรูปแบบที่ผู้ใหญ่ต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะการใช้ดินสอและการเขียนด้วยลายมือเป็นทักษะที่ซับซ้อน ความสามารถของเด็กในการระบายสี การวาดภาพรูปทรงเรขาคณิต รวมถึงการสร้างตัวอักษรและคำต่างๆ การเรียนรู้ทักษะเหล่านี้ทำให้เด็กสามารถมุ่งความสนใจไปที่การเขียนมากกว่าการใช้กลไกการควบคุมดินสอการจับดินสอการเขียนด้วยลายมือขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการทำงานร่วมกันของความสามารถรวมถึงการประสานงานของระบบประสาทสั่งการได้ดีและการบังคับใช้แรง ความแม่นยำเช่นเดียวกับทักษะด้านความรู้ความเข้าใจการรับรู้และภาษา (Galen, 1991) แรงจับดินสอเป็นแรงที่กระทำโดยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วมือบนดินสอที่ใช้เขียน โดยมีลักษณะการจับต้องใช้แรงที่น้อยที่สุดในการรักษาท่าทางในการจับด้วยการใช้นิ้วที่สามหรือสี่นิ้วทำให้เกิดแรงตัดกันที่จุดสมดุล (Soechting & Flanders, 2008) อีกทั้งเมื่อใช้มือจับปากกา(ดินสอ)ที่ยึดระหว่างนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้และพื้นผิวที่นิ้วที่สามจะช่วยให้การเคลื่อนไหวสามารถสร้างการยึดตัวในแนวตั้งได้ หรือหลักการกระจายแรง

จากการสัมผัสพื้นผิวที่ดินสอกว้างขึ้นอาจเพิ่มแรงจับทั้งหมดทำให้ด้ามจับคงที่มากขึ้นและลดการกระชับของกล้ามเนื้อภายใน (Dennis & Swinth, 2001) เมื่อสามารถควบคุมมือของตัวเองก็สามารถเคลื่อนที่ได้หลากหลายมากขึ้น Elliot and Connolly ยังตั้งข้อสังเกตว่า "ถ้าจับวัตถุไว้ในมือและไม่สามารถขยับได้แสดงว่ามีองศาการเคลื่อนไหวน้อยลง" (Elliott & Connolly, 1984) ดังนั้นการจับปากกา(ดินสอ)จะถูกจัดขึ้นในทางทางต่างๆ และต้องการประสานงานที่มีทักษะสำหรับการเคลื่อนไหวจะต้องเคลื่อนที่ของร่างกายโดยใช้ข้อมือ ต้นแขนและลำตัว เพื่อสร้างการเคลื่อนไหวของปากกาที่ราบเรียบ(L., 1993) ความสามารถการเขียนด้วยลายมือที่ดีต้องใช้ทั้งความเร็วและความชัดเจน (Tresilian, 2012) ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดในการทดสอบความสามารถในการเขียนด้วยลายมือคือการวัดความเร็ว ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการเขียนด้วยลายมือคือความรู้สึกที่ใช้ระหว่างเขียน ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อมือหรือความเมื่อยล้า การทดสอบความเร็วในการเขียนด้วยลายมือยังทดสอบคุณลักษณะที่เชื่อมโยงอื่น ๆ เช่น ความจำระยะสั้นและการตัดสินใจในการสะกดคำ การทดสอบความเร็ว ในการเขียนด้วยลายมือขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำผลการทดสอบไปใช้ ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือสภาพแวดล้อมโดยรอบของการทดสอบโดยเฉพาะอายุของเด็กอาจส่งผลต่อความเร็ว ในการเขียนของนักเรียน (N., O., & R., 1993; R., 1991) ซึ่งความสามารถการเขียนด้วยลายมือมีความสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียนในโรงเรียน คุณภาพของลายมือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาต้องมีขนาดที่สม่ำเสมอและความชัดเจนของตัวอักษรและคำ การเขียนและการหยุดชั่วคราวการเขียนความเร็ว จำนวนการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว (Adi-Japha & Freeman, 2001; E., V., & L, 2014; S & C, 2015; Tucha, Tucha, & Lange, 2008; Wicki, Lichtsteiner, Geiger, & Müller, 2014) จำนวนการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเร็วในระหว่างที่เกิดจากกระบวนการการเคลื่อนที่ในระหว่างการเขียน สะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิภาพการเขียนด้วยลายมือและการเคลื่อนไหวดังกล่าวราบเรียบและมีความคล่องแคล่วมากเพียงใด มาตรการการเขียนด้วยลายมือเหล่านี้จะสะท้อนถึงลายมือของตนเอง

จากความล่าช้าของระบบประสาททำให้เกิดความผิดปกติของการประสานงานด้านพัฒนาการยังมีผลต่อทักษะชีวิตที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน สิ่งเหล่านี้รวมถึงการผูกเชือกรองเท้า การใช้มีดและส้อม รวมถึงความสามารถด้านกีฬาและการเขียนด้วยลายมือที่ จากทักษะเหล่านี้การเขียนด้วยลายมือมีผลต่อการศึกษามากที่สุดและอาจส่งผลต่อความสำเร็จของนักเรียน(A.L. & S.E., 2005) ถือว่าความผิดปกติของการประสานงานพัฒนาการอาจส่งผลต่อการเขียนในหลายรูปแบบเช่นการสร้างตัวอักษรการเว้นระยะห่างและการจัดแนวรวมถึงความเร็วในการเขียน ตามการวิจัยชี้ให้เห็นว่าเซเลเบลลัมมีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาการเรียนรู้ซึ่งมีหน้าที่หลักในการประสานงานการเคลื่อนไหว การตรวจด้วยการใช้เอกซเรย์แสดงให้เห็นว่ามีการไหลเวียนของเลือดผ่านเซเลเบลลัมลดลงแสดงให้เห็นว่าเซเลเบลลัมมีการใช้งานน้อยลง

ในระหว่างการดำเนินการทักษะที่ได้รับและการสร้างทักษะใหม่ (I. & J., 1994) การเขียนด้วยลายมือจะได้รับอิทธิพลจากการพัฒนาทักษะการรับรู้ความรู้สึกและทักษะทางสติปัญญาที่เหมาะสม ดังนั้นหนึ่งในปัญหาที่พบบ่อยที่สุดในโรงเรียนคือปัญหาเกี่ยวกับการจับดินสอที่ไม่เหมาะสมปัจจุบันแท็บแล็ตเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมีการใช้ปากกาเขียนบนแท็บเล็ตเพื่อการทำงานมากขึ้นนักวิจัยใช้แนวทางในการเขียนด้วยลายมือมาใช้กับแท็บเล็ตทำให้การวัดค่าพารามิเตอร์การเขียนด้วยลายมือแบบไดนามิกที่เชื่อถือได้เช่นการอธิบายจำนวนการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเร็วในระหว่างประสิทธิภาพการเขียนด้วยลายมือและสะท้อนให้เห็นว่าการเคลื่อนไหวดังกล่าวราบรื่นและคล่องแคล่วอย่างไร(Adi-Japha & Freeman, 2001; O1 & KW, 2005; Wicki et al., 2014) โดยพื้นผิวของแท็บเล็ตมักจะมีความราบเรียบกว่าเมื่อเทียบกับการเขียนกระดาษ ดังนั้นนักเขียนต้องปรับการดำเนินการระหว่างการเขียนโดยการฝึกฝนเป็นประจำเพื่อสร้างการเขียนด้วยลายมือที่คล่องแคล่ว มีการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ผลต่อ การเขียนในแท็บแล็ตให้คล่องแคล่ว เกิดได้ทั้งจากการปรับแรงกดของปากกา (Wann & Nimmo-Smith, 1991) หรือการปรับรูปแบบการเขียน ความสูง เพื่อชดเชยแรงเสียดทาน (fiON & THURING, 1965) การศึกษาของ Alamargot และ Morin (2015) ให้นักเรียนระดับชั้นประถมปีที่ 2 และมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขียนตัวอักษรและชื่อ - นามสกุลของตนกับคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตและกระดาษ ทั้งสองกลุ่มเขียนตัวอักษรที่อ่านได้ไม่ชัดเจนในชื่อ – นามสกุล และตัวอักษรขนาดใหญ่บนหน้าจอแท็บเล็ตเท่ากับการเขียนบนกระดาษ นอกจากนี้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ยังมีความเร็วในการเขียนเร็วขึ้นและความดันปากกาที่มากขึ้น ในขณะที่นักเรียนชั้นประถมปีที่ 2 มีการหยุดการเขียนในคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตมากกว่ากระดาษ Alamargot และ Morin (2015) ชี้ให้เห็นว่าทั้งสองพื้นผิวมีอิทธิพลต่อการเขียนของเด็กนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้การชดเชยค่าแรงเสียดทานบนพื้นผิวแท็บเล็ตโดยการพิมพ์ตัวอักษรที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและเพิ่มความดันปากกาและความเร็วของปากกาซึ่งคล้ายกับพฤติกรรมที่สังเกตได้ในผู้ใหญ่ (Alamargot & Morin, 2015; Wann & Nimmo-Smith, 1991) และการศึกษาของ Denier van der Gon และ Thuring แสดงให้เห็นว่าเวลาในการเขียนของผู้ใหญ่คงที่ แต่ความสูงของตัวอักษรจะเปลี่ยนไป เมื่อแรงเสียดทานระหว่างปากกาและพื้นผิวเขียนลดลง กล่าวอีกนัยหนึ่งผู้เข้าร่วมทดสอบเขียนได้เร็วขึ้นและมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากพื้นผิวของแท็บเล็ตมีความราบเรียบ (fION & THURING, 1965)

จากความสำคัญในการการเขียนของเด็กมีความสำคัญต่อพัฒนาการด้านการเรียนรู้ประสบการณ์ในการเรียนรู้ด้านกล้ามเนื้อมัดเล็กและการช่วยเหลือตนเองทั้งที่บ้านและที่โรงเรียนเนื่องจากพัฒนาการเด็กมีพัฒนาการที่เป็นลำดับตามช่วงอายุจึงได้มีการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างเด็กนักเรียนในโรงเรียนแต่ละระดับชั้นต่างๆ ในกลุ่มตัวอย่างเด็กที่กำลังศึกษาระดับชั้นอนุบาล 1 และ 2 พบว่าร้อยละ47 เป็นเด็กที่จับดินสอผิดวิธี และพบว่า กำลังมือของนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้ข้างที่ถนัด

ของเด็กผู้ชายมากกว่าเด็กผู้หญิง และเพิ่มขึ้นตามอายุอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับวิธีการจับดินสอ การจับดินสอผิดวิธีที่พบมากที่สุดคือ แบบ Quadropod grasp (จับด้วยสี่นิ้ว) ส่วนประสบการณ์การเรียนรู้ด้านกล้ามเนื้อมัดเล็กและการช่วยเหลือตนเองมีความสัมพันธ์กับกำลังมือและนิ้วอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับวิธีการจับดินสอ (สุกฤตา พิริยะกูลธร, 2549) สำหรับกลุ่มตัวอย่างเด็กที่กำลังศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ความพร้อมด้านการเขียนสัมพันธ์กับองค์ประกอบในด้านการรับรู้ทางสายตา ทักษะการวางแผนสั่งการ กล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว รูปแบบการจับดินสอ และความถี่ของการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากครู แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับกำลังมือข้างถนัด และความถี่ของการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากผู้ปกครอง ในส่วนของความสัมพันธ์กันขององค์ประกอบด้านการเขียนพบว่า การเรียนรู้ทางสายตาสัมพันธ์กับทักษะการวางแผนสั่งการกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวกำลังมือข้างถนัดสัมพันธ์กับรูปแบบการจับดินสอ การรับรู้ทางสายตาและทักษาการวางแผนสั่งการกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว (ยวมล ไกรล้อมบุญ, 2553)

2.3.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการเขียนของเด็กปฐมวัยจึงเป็นข้อควรคำนึงในการพัฒนาการเขียนของเด็กเล็กคืออย่าพัฒนาการเขียนของเด็กโดยการใช้ประสบการณ์เดิมๆที่ผู้ใหญ่ได้รับเท่านั้น เนื่องจากยังมีความรู้อื่นๆที่จะต้องนำมาใช้อย่างต่อเนื่องและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ดร. ดารารัตน์ อุทัยพยัคฆ์. (2554) ได้กล่าวถึงการพัฒนาการเขียนในเด็กปฐมวัยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนที่จะต้องคำนึงดังนี้

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการเขียน การเขียนเป็นทักษะที่ต้องใช้อวัยวะของร่างกายหลายอย่างประกอบกันดังนี้คือ

มือ การพัฒนากล้ามเนื้อมือมีส่วนสำคัญในการเขียน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนากล้ามเนื้อมือให้แข็งแรง

ตา การเขียนมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้สายตาในการดูขณะเขียน การมองภาพของตัวสัญลักษณ์ต่างๆ ตาจึงสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างตากับกล้ามเนื้อ การเขียนต้องอาศัยตามอง และอาศัยกล้ามเนื้อมือในการเขียนสิ่งที่มอง

2 สมองหรือสติปัญญา การเขียนเป็นพัฒนาการที่อาศัยสติปัญญาเป็นปัจจัยสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเขียน เพราะสมองจะต้องทำหน้าที่ในการรับรู้และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จำสิ่งต่างๆ ซึ่งได้แก่ การสังเกตสิ่งที่เขียน การเห็นความสัมพันธ์ของเรื่องที่เขียน การลำดับความคิด การจำลักษณะของตัวอักษะ คำ ประโยค และข้อความ

นอกจากนั้นการเขียนมีการเชื่อมโยง ความสัมพันธ์และต่อเนื่องกัน สติปัญญหรือสมองจะต้องทำหน้าที่นี้

3. สิ่งแวดล้อม การเขียนเป็นทักษะที่ต้องอาศัยประสบการณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทักษะทางการฟัง พูด อ่านและเขียนต้องมีสิ่งแวดล้อมทั้งทางบ้านหรือทางโรงเรียน ตลอดจนสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกันและมีบทบาทต่อการพัฒนาทักษะการเขียน

2.3.2 ลักษณะการเขียนและพัฒนาการเขียนของเด็ก

ลักษณะการเขียนและพัฒนาการเขียนของเด็กปฐมวัย Morrow (1998) (วิภา ตัณฑุลพงษ์, 2554 อ้างอิงจาก Morrow, 1998) กล่าวถึงลักษณะการเขียนและพัฒนาการเขียนของเด็กปฐมวัยดังนี้

1. การเขียนโดยผ่านการวาดรูป (Writing via drawing) เด็กใช้การวาดรูปเป็นพื้นฐานของการเขียน ในขั้นนี้ทั้งการวาดรูปและการเขียนจะไม่สัมพันธ์กัน เด็กจะมองว่าการวาดรูปและการเขียนเป็นการติดต่อสื่อสารโดยเฉพาะ

2. การเขียนโดยผ่านการขีดๆเขียนๆ (Writing via scribbing) เด็กจะขีดๆเขียนๆจากซ้ายไปขวา และเคลื่อนดินสอเหมือนผู้ใหญ่ทำ และในขณะเขียนจะทำให้เกิดเสียง การเขียนในขั้นนี้จะเริ่มคล้ายการเขียนจริง

3. การเขียนโดยผ่านการทำตัวอักษรเหมือนแบบ (Writing via letter-like form) การเขียนในขั้นนี้หากมองผ่านๆจะเหมือนตัวอักษรจริง แต่ดูใกล้ๆจะเห็นว่าเด็กเขียนไม่สมบูรณ์เหมือนตัวอักษรจริงเป็นการเขียนที่เด็กคิดออกแบบการเขียนของตนเองขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การเขียนโดยผ่านการคัดลอกจากหนังสือ (Writing via reproducing will learned units or letter strings) เด็กจะเขียนคัดลอกตัวอักษรเป็นชื่อตัวเอง ในขั้นนี้การเขียนของเด็กแต่ละคนจะแตกต่างกัน เด็กบางคนอาจเขียนตัวอักษรยาวๆ หรือคิดออกแบบการเขียนของตัวเองขึ้น

5. การเขียนโดยผ่านการคิดแบบตนเอง (Writing via invented spelling) เด็กส่วนใหญ่จะคิดแบบการเขียนของตนเองขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแสดงความรู้สึกออกมา โดยเด็กไม่รู้ว่าการเขียนคำๆหนึ่งสะกดจริงๆทำอย่างไร ตัวอักษรเพียงตัวเดียวอาจเป็นตัวแทนพยางค์ของคำๆนั้นทั้งหมด หรือมีการเขียนคำเกินมาซึ่งไม่เกี่ยวข้องกัน ในขั้นนี้เด็กบางคนจะทำท่าทางเขียนอย่างรอบคอบเหมือนการเขียนจริง

6. การเขียนโดยผ่านการสะกดตามแบบ (Writing via conventional spelling) ในขั้นนี้เด็กจะเขียนเหมือนผู้ใหญ่

2.3.3 พัฒนาการด้านการขีดเขียนของเด็ก

นิตยสาร Kidscovery ได้แบ่งพัฒนาการด้านการขีดเขียนของเด็กมีพัฒนาการที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงอายุ สำหรับเด็กช่วงปฐมวัยสามารถแบ่งเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขีดเขี่ย (อายุ 2-3 ขวบ)

เด็กจับดินสอขีดเขียนเส้นต่างๆ สะเปะสะปะ ไร้ทิศทาง โดยที่ตาไม่ได้มองมือ หรือกระดาษที่ตนเองเขียน

ขั้นที่ 2 ควบคุมการขีดเขี่ย (อายุ 3 ขวบ)

เด็กเริ่มควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมือตนเองได้ และเขียนอย่างมีทิศทางมากขึ้น

ขั้นที่ 3 เขียนซ้ำตัวอักษร (อายุ 3-4 ขวบ)

เด็กในวัยนี้ชอบเขียนตามจุดปะ หรือลากเส้นทับคำที่อยากเขียนมากแต่ยังบิดเบี้ยว โย้เย้ไม่เป็นระเบียบ

ขั้นที่ 4 สามารถเขียนชื่อตนเอง (อายุ 4 ขวบ)

เด็กสามารถลอกคำต่างๆ ได้ และพยายามที่จะเขียนคำที่ชอบเอง

ขั้นที่ 5 คิดเขียนคำ (อายุ 4-5 ขวบ)

เมื่อเด็กได้ฟังคำอะไร เด็กจะชอบเอาคำนั้นมาคิดและเขียน แต่มักจะสะกดไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 6 เขียนอย่างถูกต้อง (อายุ 5-7 ขวบ)

เด็กสามารถเขียนคำต่างๆ ได้อย่างคล่องแคล่ว และถูกต้องมากขึ้น

ตารางที่ 1 พัฒนาการทางภาษาด้านทักษะการเขียนของเด็กปฐมวัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อายุ	พัฒนาการด้านการเขียน
3 ปี – 4 ปี	1. จำชื่อตัวเองได้ หรืออาจเขียนชื่อตนเองได้ 2. เขียนอักษรได้บางตัว 3. ขีดเขียนตามความสนใจ 4. ชอบวาดภาพระบายสี 5. วาดรูปวงกลมตามแบบได้ 6. คัดลอกตัวอักษรที่เห็นได้ 7. บอกข้อความให้ผู้ใหญ่เขียนได้

อายุ	พัฒนาการด้านการเขียน
4 ปี – 5 ปี	1. เขียนชื่อตนเองได้แต่ตัวอักษรอาจไม่เท่ากัน 2. เขียนพยัญชนะ ตัวเลขได้ แต่อาจไม่เรียงลำดับ 3. เขียนตัวอักษรได้แต่บางทีหัวกลับ หรือสลับตัวอักษร 4. เขียนตามแบบผู้ใหญ่ได้ 5. วาดภาพที่ยากขึ้นได้และภาพมีความสมบูรณ์ขึ้น 6. วาดรูปสี่เหลี่ยมตามแบบและวงกลมเข้าด้วยกันได้ 7. ใช้เชือกร้อยสิ่งของได้ 8. ตัดกระดาษให้อยู่ในแนวระหว่างเส้นสองเส้นได้ 9. ขีดเขียนเป็นลายเส้นคล้ายตัวอักษร
5 ปี – 6 ปี	1. วาดรูปสามเหลี่ยม (Δ) ตามแบบได้ 2. ใช้เชือกร้อยวัสดุตามแบบได้ 3. ตัดกระดาษตามเส้นได้ 4. เขียนโดยคิดตัวสะกดขึ้นเอง เช่น “ก ข” แทนคำว่ากินข้าว 5. เขียนสะกดคำใกล้เคียงกับวิธีสะกดของผู้ใหญ่ 6. เขียนคำที่คุ้นเคยได้ 7. สื่อความหมายของคำที่เขียนได้มากขึ้น 8. ขีดเขียนชื่อตนเอง คำ ข้อความที่ลอกหรือจำมาได้

ที่มา ; (ชิตาพร เอี่ยมสะอาด, 2548)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

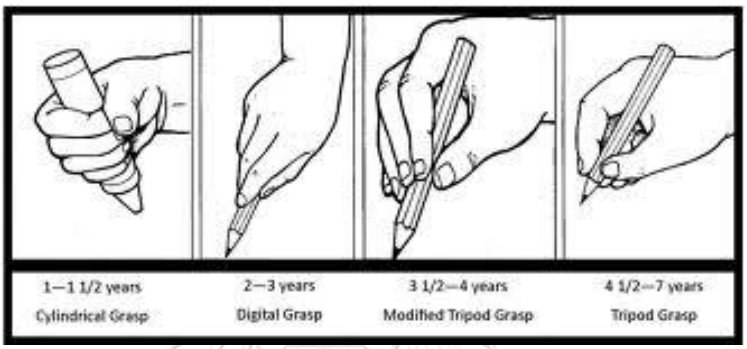
2.3.4 การจับดินสอ

การจับดินสอที่มีประสิทธิภาพที่สุดเรียกว่า “ การจับ 3 นิ้ว” (Tripod grasp) การจับในลักษณะนี้ประกอบด้วย เด็กถือดินสอไว้ด้วย 3 นิ้ว คือนิ้วกลาง นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ ดินสอจะอยู่บนข้อนิ้วกลาง ขณะที่จะถูกบีบอยู่ระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ นิ้วก้อยและนิ้วนางจะวางพักอยู่บนโต๊ะ การจับในลักษณะนี้มีประสิทธิภาพเพราะ ใช้แรงในการเขียนน้อยซึ่งทำให้มือไม่ล้าง่าย และทำให้มีการเคลื่อนไหวที่สะดวกรูปแบบของการจับดินสอมีรูปแบบดังนี้ (Rosenbloom and Horton ,1971; cited in Payne and Isaacs, 1987)

1.Supinate grasp (Fist grasp) คือ การกำดินสอไว้ทั้งมือ การกำในลักษณะนี้จะพบในเด็กที่ยังไม่เข้าโรงเรียน

2.Pronate grasp (Digital pronate) คือ แบบฉบับที่ต่อมาจาก supinate grasp เป็นการคว่ำฝ่ามือลงซึ่งนิ้วจะงออยู่รอบดินสอและนิ้วชี้ ชี้ไปข้างหน้า

3.Dynamic tripod (Digital tripod) คือ การจับในลักษณะสามนิ้ว การจับในลักษณะนี้ตามปกติสันนิษฐานว่าจะพบตอนอายุ 7 ขวบ ซึ่งอายุประมาณนี้นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ นิ้วกลางได้เจริญเติบโตเต็มที่แล้วที่จะจับแบบสามนิ้วได้



รูปที่ 2.7 ลักษณะการจับดินสอของเด็กในแต่ละช่วง

(ที่มา : Rosenbloom and Horton ,1971; cited in Payne and Isaacs, 1987)

2.3.5 กิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการเขียน

จิราวรรณ พุ่มศรีอินทร์ (จิราวรรณ พุ่มศรีอินทร์, 2560) ได้กล่าวถึงกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการเขียนแยกเป็นพัฒนาการในแต่ละส่วน ดังนี้

1. กิจกรรมส่งเสริมความมั่นคงของร่างกาย (Body Stability)

กิจกรรมไถนา เดินปู กิจกรรมผลัก ดัน หรือเล่นของเล่นต่างๆ เช่น ดินน้ำมันอ่อนๆและการเล่นปีนป่าย การไต่บันได

2.กิจกรรมส่งเสริมทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine Motor Skills)

ติดกระดาษวาดเขียนแผ่นใหญ่ไว้บนผนังให้เด็กใช้ปากกามาร์คเกอร์อันใหญ่เขียนบนกระดาษลากเส้นให้เด็กลากตามครู โดยลากเส้นจากซ้ายไปขวาอย่างน้อย 10 ครั้ง ให้เด็กลากตามทีละเส้นหรือลากจากบนลงล่าง

เล่นเกมต่อจุดโดยการลากเส้นต่อจุดจากซ้ายไปขวาหรือบนลงล่าง

วางแผ่นฉลุบนกระดาษแล้วใช้มือข้างที่ไม่ถนัดกดแผ่นฉลุไว้อย่าให้เลื่อนได้ แล้วเอามือข้างที่ถนัดจับดินสอลากไปตามขอบของแผ่นฉลุ

ติดผ้าสักหลาดไว้ที่ผนังหรือเอากระดานสักหลาดหรือกระดานแม่เหล็กติดไว้ที่ผนัง แล้วให้เด็กเอารูปทรงหรือภาพต่างๆไปติดไว้บนกระดาน

ให้เด็กเขียนบนกระดานดำโดยใช้ชอล์กแทนปากกา ลากเส้นจากบนลงล่าง ซ้ายไปขวา

ระบายสีบนกระดาษที่วางบนขาตั้งภาพ

3. กิจกรรมส่งเสริมการควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา (Ocular Motor Control)

ใช้ไฟฉายส่องบนเพดาน โดยให้เด็กนอนหงายแล้วมองตามการเคลื่อนไหวของแสงไฟจาก ซ้ายไปขวา บนลงล่างและทิศทางเฉียง

หาภาพที่ซ่อนอยู่ในหนังสือ

เล่นเกมเขาวงกต

4. กิจกรรมส่งเสริมสหสัมพันธ์ระหว่างตากับมือ (Eye-hand Coordination)

โยนลูกบอลหรือของเล่นเข้าไปในห่วงฮูล่าฮูบที่วางอยูบนพื้น เพิ่มความยากโดยการเพิ่มระยะทางในการโยน

โยนบอลแล้วรับโดยเริ่มจากการใช้บอลลูกใหญ่แล้วลดขนาดลูกบอลลงเพื่อเพิ่มความยาก

โยนโบว์ลิ่งโดยใช้ลูกบอลแทนลูกโบว์ลิ่งแล้วใช้ขวดโซดาแทนพินโบว์ลิ่ง

เล่นตีลูกโป่งโดยใช้ลูกโป่งขนาดกลาง

2.4 ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers)

ทักษะการเรียนรู้ของของเด็กขึ้นกับปัจจัยหลายด้านทั้งทางพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม จากสภาพแวดล้อมในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปจากแต่เดิมครอบครัวสอนเด็กให้เรียนรู้เองด้วยตัวเอง ทำให้เด็กมีความคิด รู้จักเรียนรู้สถานการณ์ต่างๆได้ดีมากกว่าปัจจุบันที่มีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยอำนวยความสะดวก วิถีชีวิตความเป็นอยู่แตกต่างจากเดิม ทำให้เด็กมีความสัมพันธ์กับครอบครัวที่น้อยกว่าสมัยก่อน นอกจากสภาวะแวดล้อมภายในครอบครัวแล้ว สภาวะแวดล้อมทางสิ่งแวดล้อมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งสำคัญที่ทำให้การเรียนรู้เด็กต่ำปกติ เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลภาวะต่างๆที่เป็นปัจจัยที่ทำให้ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีผลกระทบต่อระบบประสาทซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการรับรู้ทำให้สภาพการรับรู้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันมีความผิดปกติไปจากเดิม ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) ใช้สำหรับการประเมินความเสี่ยงของการสัมผัสสารพิษในร่างกาย ทางการแพทย์มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพหลายดัชนีที่สามารถชี้วัดถึงความผิดปกติของร่างกายได้ ดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ปริมาณเม็ดเลือดขาว ปริมาณฮีโมโกลบิน ปริมาณสารเคมีต่างๆที่เข้าสู่ร่างกาย (ปริมาณเฟอรริติน ปริมาณแมงกานีสปริมาณสารหนู) เมื่อสารเคมีเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายทำให้มีการการสะสมในร่างกาย โดยเฉพาะในขณะที่เด็กอยู่ในครรภ์

มารดาทำให้เด็กได้รับสารพิษสะสมตั้งแต่เกิดเมื่อมีการได้รับสารพิษเป็นเวลานานและมีปริมาณมากพอทำให้เกิดความผิดปกติต่อระบบต่างๆในร่างกายรวมถึงกล้ามเนื้อมัดเล็กในเด็กได้

2.4.1 ความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (Intellingence Quotient ; IQ)

ความสามารถทางเชาวน์ปัญญารวมไปถึงการเรียนรู้ การคิดอย่างมีเหตุผล การเชื่อมโยง การตัดสินใจ การทำงานประสานระหว่างมือและตา และการคำนวณ สามารถวัดออกมาเป็นค่าสัดส่วนตัวเลขที่แน่นอนด้วยแบบทดสอบทางสติปัญญาระดับของไอคิวปกติอยู่ในช่วง 70-110 คนที่มีระดับไอคิวสูงจะเป็นคนเก่งมีสมองรับรู้ว่องไว เรียนหนังสือเก่ง แม้ศักยภาพทางสมองนั้นเป็นสิ่งที่ติดตัวมาแต่กำเนิดเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ไม่ง่ายนัก แต่การเลี้ยงดูมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อพัฒนาสมองได้

กรมสุขภาพจิตโดยสถาบันราชานุกูล (สถาบันราชานุกูล, 2559) จากการสำรวจพบว่าระดับสติปัญญานักเรียนไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ทั่วประเทศ ในปี 2559 จำนวน 23,641 ราย โดยใช้เครื่องมือ Standard Progressive Matrices (SPM parallel version: update 2003) พบว่าระดับเชาวน์ปัญญา (Intelligent Quotient : IQ) เฉลี่ยเท่ากับ 98.23 ถือเป็นระดับสติปัญญาที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ค่อนไปทางต่ำกว่าค่ากลางของมาตรฐานสากลในยุคปัจจุบัน (IQ=100) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า IQ เฉลี่ย เด็กประถมศึกษาปีที่ 1 ในปี พ.ศ. 2554 ซึ่ง เท่ากับ 94.58 พบว่ามีระดับ IQ เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังพบว่าในภาพรวมของประเทศยังมีเด็กประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มี IQ ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (IQ < 90) อยู่ถึงร้อยละ 31.81 (ไม่ควรเกินร้อยละ 25) และยังมีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ที่มีระดับสติปัญญาอยู่ในเกณฑ์บกพร่อง (IQ < 70) อยู่ถึงร้อยละ 5.8 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานสากลคือไม่ควรเกินร้อยละ 2 และเป็นที่น่าสังเกตว่ามีเด็กที่มีระดับสติปัญญาอยู่ในเกณฑ์ฉลาดมาก (IQ ≥ 130) อยู่ถึงร้อยละ7.9 เห็นได้ว่ายังพบความเหลื่อมล้ำมีช่องว่าง (Gap) ระหว่างกลุ่มที่มีระดับสติปัญญาสูงกับกลุ่มที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และมีแนวโน้มที่ช่องว่างนี้จะขยายมากขึ้น ถ้าไม่มีการดำเนินการช่วยเหลือกลุ่มที่มีปัญหาอย่างทันท่วงที

การทดสอบไอคิวมีจุดอ่อนบางประการดังนั้นการประเมินผลการทดสอบไอคิวต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่นระดับแรงจูงใจในการทดสอบ ความรู้สึกง่วงหรือเหนื่อยล้าระหว่างการทดสอบที่เกิดขึ้นโดยผู้เข้าร่วมการวิจัย ในทำนองเดียวกันเป็นที่ทราบกันดีว่าการทดสอบด้วยความเร็วจะไม่เหมาะที่จะประเมินทักษะได้อย่างถูกต้องในเด็กที่มีความวิตกกังวลในการทดสอบสูง นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยแนะนำให้นำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อร่วมแปลผลไอคิว ซึ่งเป็นการจัดการกับผลการทดสอบไอคิวในลักษณะที่สร้างสรรค์ Albert และ Heidrun ได้นำเสนอข้อคิดเห็นเชิงทฤษฎีรวมถึงผลการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อมัดเล็กสามารถนำไปสู่ผลการทดสอบไอคิวที่แตกต่างกัน (Ziegler & Stoeger, 2010) การพัฒนา

ทักษะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับความสามารถด้านความรู้ทั่วไปและความสามารถเฉพาะด้าน เช่น ความสามารถในการปรับความแตกต่างของแสง ความเร็วในการตอบสนอง และความสามารถทางสติปัญญา (A. & Rochelle, 1985; B. D, 1980; Wassenberg et al., 2005)

2.4.2 แมงกานีส (Manganese)

อาชีพที่เกี่ยวข้องกับแมงกานีส ได้แก่ การทำงานในเหมืองแร่ ในโรงงานถ่านไฟฉาย ในโรงงานหลอมหล่อเหล็กเหนียว ซึ่งต้องผสมแมงกานีสลงไปด้วย อาการได้รับพิษแมงกานีส แมงกานีสจะทำลายประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมอง ทำให้เกิดอาการต่างๆ แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้ คือ ระยะเริ่มแรก เริ่มด้วยอาการเป็นไข้ ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อไม่มีเรี่ยวแรง เบื่ออาหาร ไม่สนใจสิ่งรอบตัว นอนไม่หลับ พูดจาน้อย ความรู้สึกทางเพศเสื่อม ระยะกลาง อาการเป็นมากขึ้น เป็นตะคริว ปวดกล้ามเนื้อ ไม่ค่อยพูดจา หรือเวลาพูด จะพูดด้วยระดับเสียงเดียว หน้าตาย ไม่แสดงความยินดียินร้าย เวลาหัวเราะกล้ามเนื้อเกร็งไปทั่วใบหน้า เวลาเดินเริ่มมีอาการกระตุก ระยะรุนแรง เวลาเดินมีอาการกระตุกมากขึ้น เดินแกว่งไปแกว่งมา ก้าวขาสั้นๆ เดินหัวซุนไปข้างหน้า หกล้มบ่อยๆ บางครั้งหัวเราะ บางครั้งร้องไห้ กลืนน้ำลายลำบาก หรืออาจมีอาการเป็นอัมพาตของร่างกายเป็นบางส่วน (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2516) จากงานวิจัยพบว่าแมงกานีสมีผลต่อระบบประสาทส่วน Coordination ระหว่าง ตาและข้อมือ (Bast-Pettersen & Ellingsen, 2005; H.-B. D et al., 2011; Long et al., 2014; Y et al., 2011) ตามข้อเสนอแนะของกองอาชีวอนามัย กำหนดให้แมงกานีสในปัสสาวะไม่ควรเกิน 0.0025 มิลลิกรัม/ลิตรและแมงกานีสในเลือดไม่ควรเกิน 0.008 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2516) มีการศึกษาจำนวนน้อยที่ได้กล่าวถึงผลกระทบด้านสุขภาพที่ร้ายแรงของแมงกานีส (Mn) แต่ก็เป็นที่รับรู้กันดีว่าการสัมผัสได้รับแมงกานีสมีผลกระทบด้านสุขภาพที่ร้ายแรง Khan และคณะ (2011) พบว่าการบริโภคน้ำที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสที่สูงมีผลทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไอคิวที่ต่ำกว่าปกติ (Khan et al., 2011) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสและหน้าที่ของระบบประสาทสั่งการของเด็กยังที่ไม่มีชัดเจนแต่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น พบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างระดับเลือดจากสายสะดือ (LarissaTakser, DonnaMergler, GeorgetteHellier, JosianeSahuquilo, & GuyHuel, 2003)

2.4.3 สารหนู (Arsenic)

สารหนู (Arsenic) เป็นแร่ธาตุที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายและเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกาย เมื่อมีการปนเปื้อนลงไปอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติในดินเมื่อได้รับพิษจากสารหนูในระยะเฉียบพลัน อาการที่พบได้คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย ถ้าได้รับในปริมาณสูงมากทันทีจะมีอาการชา

ตามปลายมือปลายเท้า กล้ามเนื้อเป็นตะคริว และอาจเกิดอาการช็อก และเสียชีวิตได้ แต่ถ้าได้รับในปริมาณน้อยแต่สะสมเป็นเวลานานอาการที่พบได้เช่น ผิวหนังขึ้นผื่นผิดปกติโดยเฉพาะที่ฝ่ามือ ฝ่าเท้า อาการจากระบบประสาทผิดปกติที่เรียกว่ากลุ่มอาการทางสมอง (Encephalopathy) อาการจากกล้ามเนื้อหัวใจทำงานผิดปกติ เช่น หัวใจเต้นผิดจังหวะ ความดันโลหิตต่ำ หัวใจล้มเหลว และเป็นสารก่อมะเร็งที่มีรายงานก่อให้เกิดมะเร็งได้หลายชนิดเช่น มะเร็งผิวหนัง มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งปอด การวินิจฉัยมีสารหนูในร่างกายสูงวินิจฉัยได้จากการตรวจหาค่าสารหนูในปัสสาวะที่เก็บใน 24 ชั่วโมง ซึ่งค่าปกติ (อาจแตกต่างกันได้ในแต่ละห้องปฏิบัติการ) คือ น้อยกว่า 25 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าสารหนูในเลือดซึ่งค่าปกติจะน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลิตร (ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์, 2558)

หลักฐานทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับความเป็นพิษต่อระบบประสาทของสารหนู (As) จากการประกอบอาชีพหรือจากการบริโภคน้ำดื่มที่ปนเปื้อนสารหนูที่ผ่านมาการศึกษาจากหลายประเทศ (OS et al., 2007; Rosado et al., 2007; S.-X. Wang et al., 2007) ทำให้มีผลกระทบต่อการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในระดับสติปัญญาต่ำ ขาดความทรงจำในระยะยาวความล่าช้าในการใช้ภาษาศาสตร์ และการทำงานของระบบประสาทส่วนใหญ่ในเด็ก Faruque และคณะ (2011) พบความสัมพันธ์ที่ไม่พึงประสงค์ในเด็กแบบผกผันกันระหว่างการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายกับการทำงานของระบบประสาทสั่งการในเด็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการสัมผัสถูกลดลงใน The Fine Manual Control (FMC) และ the Body Coordination (BC) แสดงให้เห็นถึงความสามารถด้านความรู้ความเข้าใจที่แย่ลงสะท้อนให้เห็นถึงทักษะด้านความจำที่ต่ำลง (Parvez et al., 2011) ความเร็วในการประมวลผลที่ช้าลงการขาดดุลทักษะทางการพูดและการลดลงของไอคิว (J et al., 2001; OS et al., 2007; S.-X. Wang et al., 2007; Wasserman et al., 2004; Wasserman et al., 2007) ความสัมพันธ์ระหว่างสารหนูกับระบบประสาทสั่งการ การศึกษาล่าสุดของ Sanchez-Pena และคณะ (2010) และ Wang Y. และคณะ (2009) ได้รายงานการสะสมของ As ในหลาย ๆ ส่วนของสมองส่วน สำหรับสมองส่วนคอร์เทกซ์ เบซัลแกงเกลีย และซีรีเบลลัมที่มีบทบาทสำคัญในการรับรู้ความจำการพัฒนาภาษา เชาวน์ปัญญาการควบคุมและการประสานงานของการทำงานระบบประสาทสั่งการมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาในบริเวณสมองที่เชื่อมโยงกับสมรรถนะด้านความรู้ความเข้าใจและการเคลื่อนไหว (LC et al., 2010; Y. Wang et al., 2009) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบริเวณสมองเหล่านี้อาจทำให้เกิดการขาดสมดุลในการประสานงานของระบบประสาทสั่งการ ทำให้เกิดความล่าช้าของพัฒนาการเฉพาะอย่างในเด็ก เช่น โรคสมาธิสั้นที่ทำให้เกิดอาการง่วงซึม (Hsueh et al., 2016) นอกจากนี้สารหนูสามารถถ่ายทอดจากทางเลือดผ่านรกของมารดาที่ตั้งครรภ์ไปยังบุตรในครรภ์ได้ (N et al., 2009) ทำให้

เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคในระยะต่อ ๆ ไปของการดำรงชีวิต (KS, SS, EP, C, & PM, 2015)

2.5 การประเมินสมรรถนะในการทำงานโดยอาศัยแนวคิดของฟิตส์และสเตียริง

ค่าสมรรถนะ (Index of Performance) คือความสามารถในการแสดงพฤติกรรมที่เป็นผลมาจากความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) และคุณลักษณะเฉพาะ (Attributes) ที่ทำให้บุคคลสามารถสร้างผลงานออกมาในการเผชิญหน้ากับการเปลี่ยนแปลง เช่น ความเร็วและความแม่นยำในการดำเนินงานต่างๆ ยิ่งงานมีความยากมากเพียงใดถ้าสามารถใช้ความเร็วและมีความแม่นยำสูงแสดงว่าบุคคลนั้นมีสมรรถนะที่ดี ในการทำงาน

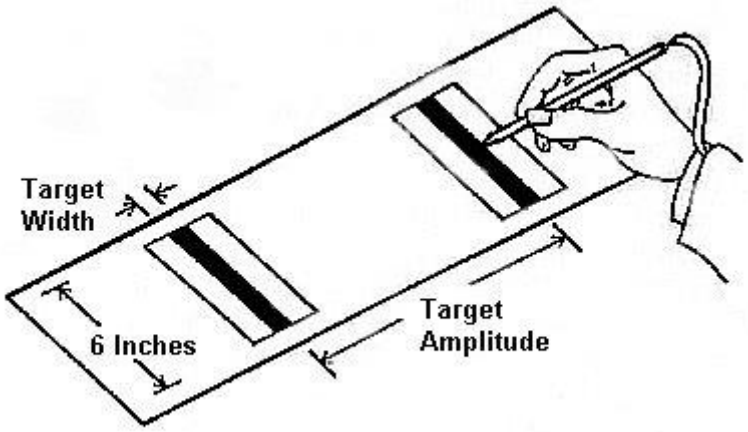
International Organization for Standardization 9241 (ISO 9241) คือ มาตรฐานองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน ได้กล่าวถึงการกำหนดมาตรฐานทางการยศาสตร์กับการทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 17 ส่วน ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่ 9 เกี่ยวข้องกับการคลิ๊ก การลาก การชี้ตำแหน่ง การเลือก เป็นต้น ส่วนอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลของผู้ใช้งานที่ไม่ใช่แป้นพิมพ์ สำหรับการนำเข้าข้อมูล เช่น แทร็คบอล จอยสติ๊ก เม้าส์ ปุ่มกด แท็บเล็ต ปากกาดิจิตอล เป็นต้น ซึ่งมีการทำงานร่วมกับระหว่างอุปกรณ์กับมนุษย์และสามารถส่งผ่านทางตัวชี้วัดต่างๆได้

ISO 9241-9 ใช้ในการประเมินความสามารถหรือสมรรถนะอาศัยแนวคิดของ ฟิตส์ (Fitt's) และ สเตียริง (Steering) ซึ่งเป็นแนวคิดที่สามารถบอกความสัมพันธ์ความเร็วและความผิดพลาดจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยมีเวลาเป็นตัวชี้วัด และยังสามารถชี้วัดตามลักษณะของงานและความยากของงานที่แตกต่างกัน โดย Fitts' Law ใช้ในการประเมินสมรรถนะในการทำงานรูปแบบการแตะ (Tap) มีความสัมพันธ์กับการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในเด็กในการจับไปยังตำแหน่งต่างๆที่ถูกต้องแม่นยำ และมีความรวดเร็ว ส่วน Steering Law ใช้ในการประเมินสมรรถนะในการทำงานรูปแบบการลาก (Drag) มีความสัมพันธ์กับการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในเด็กในการลาก และเคลื่อนไหวไปยังตำแหน่งต่างๆ เช่น การเขียน การวาดรูป ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และมีความรวดเร็ว

2.5.1 แนวคิดของฟิตส์ (Fitts' Law)

ฟิตส์ได้ทำการทดลองโดยกำหนดงานในการจรดปากกาลงบนพื้นที่เป้าหมาย 2 แห่ง โดยให้ความกว้างของเป้าหมายและระยะห่างระหว่างเป้าหมายเป็นตัวแปรต้น และกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จรดปากกาจากเป้าหมายหนึ่งไปยังอีกเป้าหมายหนึ่งเป็นตัวแปรตาม ให้ผู้ทดสอบจรดปากกาลงบนเป้าหมายสลับซ้ายขวาและได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการทำงานนี้กับผู้ถูกทดสอบ

ไว้ว่าให้เคลื่อนที่ให้เร็วที่สุดโดยยังคงจรดปากกาไม่ให้ปากกาออกนอกเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยไม่ให้ปากกาออกนอกเป้าหมาย ในที่นี้ความกว้างของเป้าหมายและระยะห่างระหว่างเป้าหมาย คือข้อจำกัดของงาน กล่าวคือความกว้างของเป้าหมายเป็นตัวกำหนดความแม่นยำในการทางาน และมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำงาน (ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 2558)



รูปที่ 2.8 ลักษณะการทดสอบของฟิตส์
(PM., 1954)

จากงานของฟิตส์พบความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลของกระบวนการทำงานของมนุษย์ เช่นเดียวกับทฤษฎีของ Shannon (MacKenzie, 1992) โดยดัชนีความยากของงานมีความสัมพันธ์กับตัวแปร 2 ตัวคือ ขนาดความกว้างของเป้าหมาย (Width) และระยะห่างระหว่างเป้าหมาย (Amplitude) ดังสมการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$ID = Log_2 (2A/W) \quad (1)$$

ID = ดัชนีความยาก (Index of Difficulty : ID)

A = ระยะห่างระหว่างเป้าหมายระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงจุดศูนย์กลาง (Amplitude)

W = ขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width)

จะเห็นว่าดัชนีความยาก (Index of Difficulty : ID) ในสมการของ Fitts' Law นั้น ดัชนีความยากเป็นฟังก์ชั่นของระยะทางการเคลื่อนที่และความกว้างของเป้าหมาย โดยดัชนีความยากเป็นตัวชี้วัดความยากของงานซึ่งมีผลกระทบต่อการเคลื่อนไหวของความเร็วและความแม่นยำ ตามทฤษฎีของ Speed and Accuracy Trade off ที่อธิบายถึงประสิทธิภาพของมนุษย์ในการทำงานใดๆ ไม่ว่าจะเป็นงานที่ต้องใช้ความสามารถทางร่างกาย (Physical workload) หรืองานที่ต้องใช้

ความสามารถของกระบวนการคิด (Cognitive workload) โดยในการทำงาน จะมีความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการทางาน (Speed) และความถูกต้องแม่นยำในการทางาน (Accuracy) ในลักษณะที่แลกเปลี่ยน (Trade-off) กันเสมอกล่าวคือยิ่งตัวชี้วัดความยากยิ่งมีค่ามากขึ้นจะทำให้มนุษย์มีความเร็วหรือความแม่นยำลดลง ซึ่งในสมการของ Fitts' Law นั้นดัชนีความยากเป็นฟังก์ชั่นของ ระยะทางการเคลื่อนที่และความกว้างของเป้าหมาย

สามารถหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงได้จากสมการ

$$MT = a + b(ID) \quad (2)$$

MT = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

ID = ดัชนีความยาก (Index of Difficulty : ID)

a, b = สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

สมรรถนะในการทำงานอาจหาได้จากส่วนกลับของความชัน(b) ในสมการที่ 2 กล่าว คือ ยิ่งความชันมีค่าน้อย แสดงว่าสมรรถนะในการทำงานนั้นมีค่าสูง ในการเปรียบเทียบสมรรถนะในการทำงานต้องเปรียบเทียบที่จุดตัดแกน y ของสมการสมรรถนะที่ใกล้เคียงกัน สมรรถนะในการทำงานที่จุดตัดแกน y หมายถึงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ภายใต้ดัชนีความยาก (Index of Difficulty : ID) เท่ากับศูนย์ หรือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในลักษณะงานสองเท่าของระยะห่างระหว่างเป้าหมายระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงจุดศูนย์กลาง (Amplitude)เท่ากับขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width) (2A=W)หรือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในลักษณะงานของระยะห่างระหว่างเป้าหมายระหว่างจุดเริ่มต้นจนถึงจุดศูนย์กลาง (Amplitude)เท่ากับ1/2เท่าของขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width) (A=W/2) (MacKenzie, 1992)

2.5.2 แนวคิดของสเตียริ่ง (Steering Law)

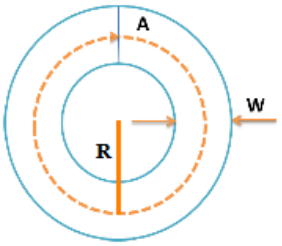
สเตียริ่ง (Steering Law) เป็นรับการพัฒนามาจาก Fitts' Law ในการประเมินการเคลื่อนที่ส่วนของร่างกายจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งตามเส้นทางที่มีขอบเขตในการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่แบบ steering มีทั้งแบบที่เป็นเส้นตรง และไม่เป็นเส้นตรง เช่น การวาดรูป การเขียน กฎนี้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับความคลาดเคลื่อนไปจากเส้นทางที่กำหนด โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$ID = \int \frac{ds}{W(s)} = \frac{2\pi r}{W} \quad (3)$$

ds = ระยะสั้นๆที่เคลื่อนที่ตามเส้นทาง

W = ขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางตั้งฉาก ds (หากตัวชี้เป้าเป็นจุด)

r = รัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม



รูปที่ 2.9 ลักษณะงานของสเตียริง(ภาวรรณ ผิวแดง, 2557)

สามารถหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงได้จากสมการ

$$MT = a + b(ID) \quad (4)$$

MT = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

ID = ดัชนีความยาก (Index of Difficulty : ID)

a, b = สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

จากดรรชนีความยาก (ID) สามารถหาค่าสมรรถนะหรือประสิทธิภาพ (Efficiency : IP) ในการทำงานนั้นหาได้จากสมการ (MacKenzie, 1992)

$$IP = 1 / b \quad (5)$$

สมรรถนะในการทำงานอาจหาได้จากส่วนกลับของความชันในสมการที่ 4 กล่าวคือ ยิ่งความชันมีค่าน้อย แสดงว่าสมรรถนะในการทำงานนั้นมีค่าสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกฎของฟิตส์ และกฎของสเตียริง

กฎของฟิตส์ (Fitts' Law) และกฎของสเตียริง (Steering Law) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานต่างๆได้ ดังนี้

สำหรับการนำเข้าข้อมูลของผู้ใช้งานที่ไม่ใช่แป้นพิมพ์โดยการใช้นิ้วมือและเมาส์ปากกาในการสัมผัสกับอุปกรณ์โดยงานในการเคาะและลาก โดยกำหนดระยะทางและความกว้างของเป้าหมายที่แตกต่างกันจากระดับความยากของงาน คือ 2.32, 2.58, 3.09, 3.46, 4.09, 4.95 และ 5.36 พบว่าการเคาะโดยการใช้นิ้วมือใช้เวลาน้อยที่สุด แต่ก็มีอัตราความผิดพลาดสูงที่สุดด้วย ส่วนงานในการลากโดยหารใช้เมาส์ปากกา ใช้เวลาน้อยที่สุด และงานจากการทดลองพบว่างานที่ใช้ในการลากเส้นรัศมีการนำกฎของสเตียริงมาใช้มีประสิทธิภาพดีกว่ากฎของฟิตส์

(A.Cockbur, D.Ahlströmb, & C.Gutwin, 2012) หรือมีการทำงานร่วมกับระหว่างอุปกรณ์กับมนุษย์เพื่อให้มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจึงได้มีการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ อธิบายการปรับเปลี่ยนโมเดลของดัชนีความยาก (ID) รวมทั้งสมการพยากรณ์เวลาในการชี้ตำแหน่งของเคอร์เซอร์ จากงานวิจัยของนักวิจัยต่างๆ ซึ่งทำการรวบรวมและเปรียบเทียบอุปกรณ์ในงานวิจัยต่างๆได้ถึง 6 ชนิด ได้แก่ เม้าส์ (Mouse) แทร็คบอล (Trackball) จอยสติ๊ก (Joystrick) ทัชแพด (Touchpad) หมวกบิน (helmet mounted sight) และเครื่องติดตามตา (Eye tracker) พบว่าจากสมการพยากรณ์เวลาในการชี้ตำแหน่ง เมื่อดัชนีความยากมีค่าเป็นศูนย์ เวลาในการชี้ตำแหน่งที่ได้จากสมการจะไม่มีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการตัดสินใจเวลาในการเคลื่อนที่ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อจุดตัด และพบว่าเมื่อเจองานที่มีลักษณะง่ายมากๆจุดตัดของสมการพยากรณ์มีค่าเป็นลบจะทำให้ผลการทำนายเวลาในการชี้ตำแหน่งมีค่าเป็นลบ ซึ่งในความเป็นจริงเป็นไปไม่ได้ โดยชี้ให้เห็นว่าข้อบกพร่องในการนำสมการมาประยุกต์ใช้หรืออาจเกิดจากการที่ไม่สามารถควบคุมความผันแปรของข้อมูลได้ (MacKenzie, 1992)

การนำมาประยุกต์ใช้ศึกษาลักษณะงานต่างๆหรือการนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้มือเคลื่อนย้ายบล็อกไม้ขนาด 3, 5, 7 และ 9 เซนติเมตร กว้าง 0.5, 1.0, 1.5 และ2.0 เซนติเมตร ที่ระยะทาง 20 และ 30 เซนติเมตร ทั้งหมด 32 เงื่อนไขโดยการทำซ้ำ 10 ครั้งต่อเงื่อนไข พบว่า ระยะทางเพิ่มขึ้นทำให้ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้นโดยเฉพาะบล็อกไม่ขนาด 9 เซนติเมตร และขนาดความกว้างของบล็อกไม้ลดลงทำให้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้น การเพิ่มขึ้นจองความกว้างของบล็อกไม้ทำให้ลดความแม่นยำเนื่องจากพบว่าระหว่างการเคลื่อนที่ของบล็อกไม้ระหว่างเป้าหมายมีการเคลื่อนที่ที่เร็ว จากผลกระทบของความกว้างและระยะทางถูกทำนายโดยกฎของฟิตส์ (Bootsma, Marteniuk, MacKenzie, & Zaal, 1994) ส่วนการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้มีการศึกษาพฤติกรรมการขับขี่จักรยานในความเร็วที่แตกต่างกันโดยประยุกต์ใช้หลักการของสเตียริง ผู้เข้าร่วมทดสอบเป็นเด็กอายุ 7-8ปี จำนวน17 คน ขี่จักรยานบนเลนจักรยานมีการขับขี่จักรยานจากจุดเริ่มต้นที่ไม่มีการจำกัดเลน ความยาว 15 เซนติเมตร และต้องขี่จักรยานเคลื่อนที่เข้าไปยังเลนที่มีความกว้าง 3 ขนาด คือ 10, 25 และ 40 เซนติเมตร ความยาวแต่ละเลน 15 เซนติเมตร เปรียบเทียบข้อมูลกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใหญ่ พบว่าผู้ระหว่างทดสอบผู้เข้าร่วมทดสอบมีการเพ่งมองไปยังเส้นทางที่จะไปสู่เลนด้วยการขี่ในความเร็วที่สูงเพื่อขี่ไปยังเลนที่แคบลงในเลนขนาด 10 เซนติเมตร เด็กมีความเร็วในการขี่จักรยานที่ต่ำเหมือนกับผู้ใหญ่ โดยความเร็วที่ระดับช้าของเด็กและผู้ใหญ่ไม่แตกต่างกัน แต่ระดับความเร็วในการขี่จักรยานที่ขนาดความเร็วปานกลาง และความเร็วสูงจะเร็วกว่าเด็ก แต่ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ขี่จักรยานด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น และในเด็กมีการพฤติกรรมการเรียนรู้ในการขับขี่จักรยาน ด้านการมองเห็นเช่นเดียว

กับผู้ใหญ่ในงานวิจัยนี้มีการแนะนำว่า ในเด็กควรมีการฝึกประสาทสัมผัสสิ่งเร้าเพื่อให้ความแม่นยำพฤติกรรมการมองที่แม่นยำ (Vansteenkiste, Cardon, D¡¯Hondt, Philippaerts, & Lenoir, 2013)

ทางด้านความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ เช่น เม้าท์ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพื่อลงผลกระทบต่อการบิดเอียงข้อมือและเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น จึงมีการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเม้าท์การยศาสตร์และเม้าท์ธรรมดา โดยใช้กฎของสเตียริง (Steering Law) โดยศึกษาเมาท์ 3 ระดับ คือ ที่มีผลต่อการบิดเอียงข้อมือที่องศาต่างกัน จากปัจจัยทิศทางการลากเม้าท์ทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกา และปัจจัยการใช้งานเม้าท์ คือ การลากเม้าท์โดยไม่คลิกและการลากเมาท์โดยการคลิ๊กพบว่าปัจจัยการเอียงมุมของเม้าท์มีสมรรถนะ ในการใช้งานไม่แตกต่างกัน(วราภรณ์ พิทักษ์ธรรมคุณ, 2557) สำหรับกฎของฟิตส์ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเม้าส์ทั่วไปที่ใช้ในสำนักงานกับเม้าส์การยศาสตร์ ทั้ง 3 ลักษณะ คือ น้ำหนัก ขนาด และองศาการวางมือ โดยอาศัยกฎในการทดลองของฟิตส์ และมาตรฐาน ISO 9241-9 เป็นแนวทางในการศึกษา กำหนดลักษณะการทำงานคือการชี้ตำแหน่ง (Pointing Task) ในแนวแกนนอนและแกนตั้ง จากลักษณะงาน 3 ระดับ พบว่าการใช้งานของเม้าส์การยศาสตร์และเม้าท์ทั่วไปมีสมรรถนะในการทำงานไม่แตกต่างกัน (ภัทรพร เกียรติธรรม, 2555) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ประเมินผลร่วมกับพัฒนาการเด็กในส่วนของกล้ามเนื้อมัดเล็กเนื่องจากเป็นพัฒนาการที่มีความจำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวัน โดยประเมินสมรรถนะการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลด้วยแท็บเล็ตในเด็กประถมศึกษาตามแนวคิดของฟิตส์และ สเตียริง ของเด็ก 7 – 12 ปี จำนวน 100 คน ทดลองด้วยการใช้แท็บเล็ตทำงาน 2 ลักษณะ คือ งานแตะตามแนวเส้นตรงตามแนวทางกฎของฟิตส์ และงานลากตามแนววงกลมตามแนวทางกฎของสเตียริง โดยใช้วิธีนำเข้าข้อมูล 2 ประเภท คือการใช้นิ้วมือการใช้ปากกาดิจิตอล พบว่าปัจจัยอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลและเพศไม่มีผลต่อสมรรถนะสำหรับงานแตะ แต่ปัจจัยอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลมีผลต่อสมรรถนะสำหรับงานลากในเด็กอายุ 9 – 12 ปี อย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ปากกาดิจิตอลให้ค่าสมรรถนะสูงกว่าการใช้นิ้วมือ (ภาวรรณ ผิวแดง, 2557)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการใช้ข้อมือในการเขียนของเด็กระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ที่ 4 – 6 ช่วงอายุ 9-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเหมืองแร่ทองคำ จึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อการใช้งานที่ง่าย และสามารถใช้ในการทดสอบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากเป็นการทดสอบกล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนของเด็กนอกสถานที่จึงต้องคำนึงถึงความรวดเร็วและความถูกต้องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอและสามารถเป็นข้อมูลตัวแทนของสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนของเด็กโดยใช้แท็บเลต และปากกาดิจิตอลในการทดสอบเด็กนักเรียน โดยวิธีนำปากกาดิจิตอลใช้ในการเขียนบนโปรแกรมในแท็บเลตโดยมีงาน 2 ลักษณะ คือ งานในการแตะ (Tap) และงานในการลาก (Drag) โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมาย โดยอาศัยหลักการของฟิตส์และหลักการของสเตียริงซึ่งเป็นหลักการสากลใน ISO 9241-9 มาประยุกต์ในำข้อมูลที่จากการทดสอบเด็กมาวิเคราะห์ในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์เพื่อหาสมรรถนะ การใช้ข้อมือในการเขียนของเด็กเด็กประถมที่อาศัยอยู่ในบริเวณเหมืองแร่ทองคำ โดยใช้เครื่องมือวัดเดียวกันกับเด็กในเขตกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงอายุ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อสุขภาพของนักเรียนและประเมินความสามารถในการฟื้นฟูผู้ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ทองคำ

3.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

สำหรับโรงเรียนที่อยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ ระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 – 6 จำนวน 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก 2 โรงเรียน โรงเรียนในจังหวัดเพชรบูรณ์ 1 โรงเรียน โรงเรียนในจังหวัดพิจิตร 1 โรงเรียน จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 115 คน เป็นเด็กที่ได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองสำหรับโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 จำนวน 2 โรงเรียน จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 68 คน มีอายุระหว่าง 9-12 ปี เป็นเด็กที่ไม่มีอาการบาดเจ็บที่มือ สุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่มีปัญหาด้านสายตาทั้งสองข้าง หากผู้เข้าร่วมการทดลองมีสายตาไม่ปกติ เช่น สายตาสั้น หรือยาวเกินไปต้องสวมแว่นสายตาหรือใส่คอนแทคเลนส์ก่อนทำการทดลอง (เพื่อเป็นกลุ่มอ้างอิงของนักเรียนปกติที่ไม่ได้รับปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย เช่นสารหนู แมงกานีส และเฟอร์ริติน จากกิจกรรมการทำเหมืองแร่ทองคำ) มีการอธิบายการใช้โปรแกรมในการทดสอบเพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจวิธีการทดสอบได้อย่างถูกต้อง

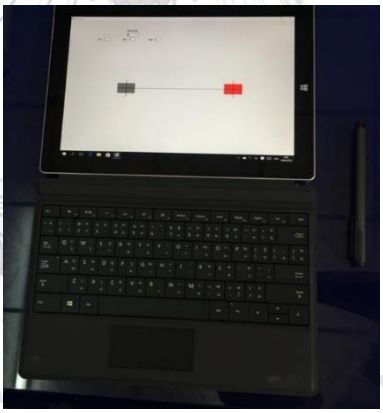
เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและทันเวลาในห้องทดสอบที่มีสภาวะแวดล้อม เช่น แสง และอุณหภูมิในการทดสอบเสมือนห้องทำงานปกติ เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อสภาวะจิตใจของผู้ทดสอบ โดยมีการแบ่งเป็นกลุ่มการทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 สำหรับการทดสอบการใช้งานปากกาดิจิตอลบนจอแสดงผลทัชสกรีนในเด็กช่วงอายุ 9 - 12 ปี สำหรับโรงเรียนที่อยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

กลุ่มที่ 2 สำหรับการทดสอบการใช้งานปากกาดิจิตอลบนจอแสดงผลทัชสกรีนในเด็กช่วงอายุ 9 - 12 ปี สำหรับโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. คอมพิวเตอร์แท็บเล็ต Surface pro 4 ขนาดยาว 26.5 เซนติเมตร กว้าง 18.5 เซนติเมตร ความละเอียด 2736 x 1824 (267 ppi) พิกเซล และปากกาดิจิตอลที่รองรับฟังก์ชันหน้าจอสัมผัส ดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

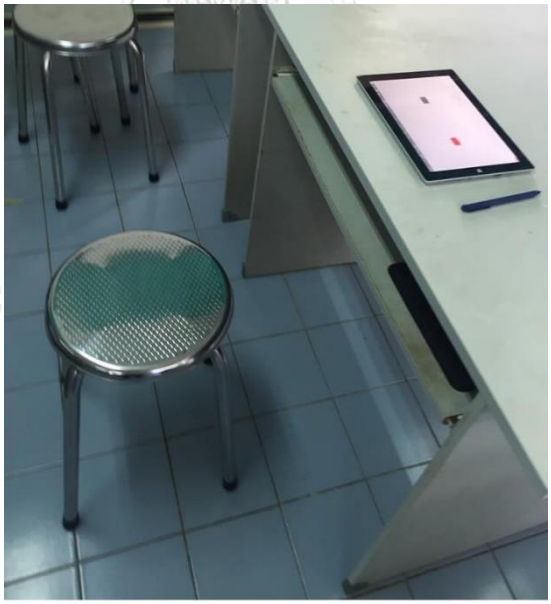


รูปที่ 3.1 คอมพิวเตอร์แท็บเล็ต Surface pro 4

รูปที่ 3.2 ปากกาดิจิตอลสำหรับ Surface pro 4

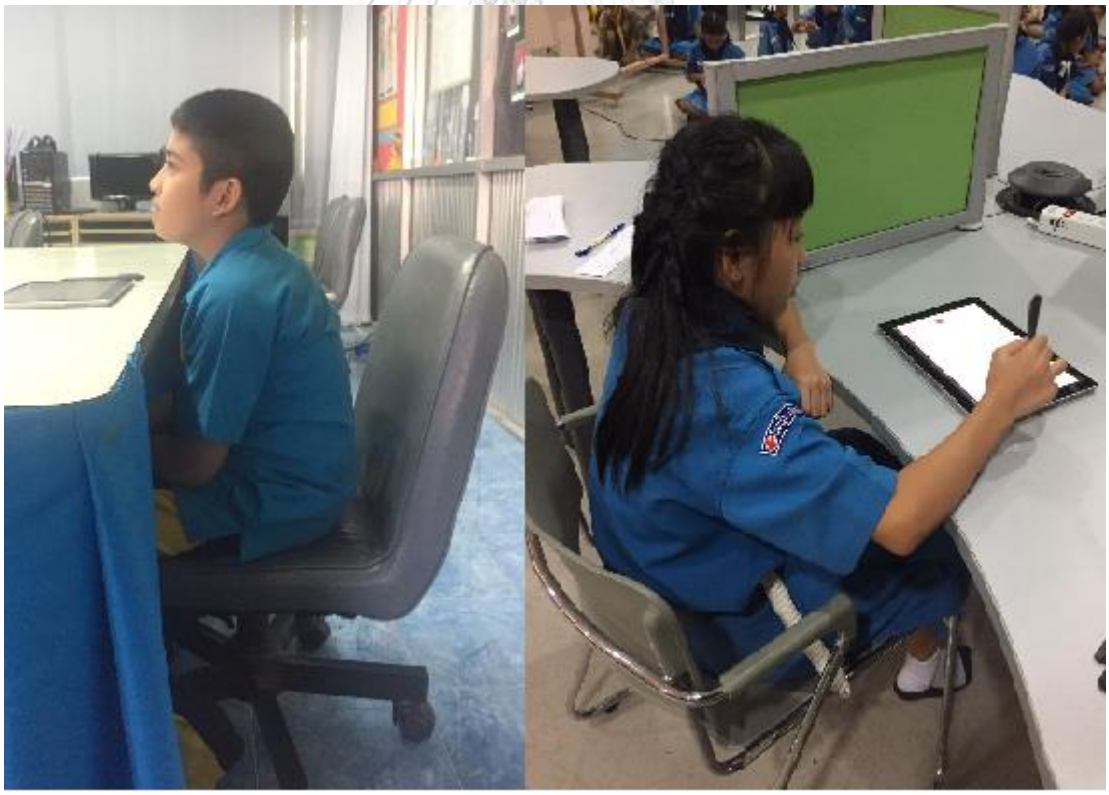
2. โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้ ตามความสะดวกของแต่ละโรงเรียน ดังรูปที่ 3.3 ถึง 3.6

รูปที่ 3.3 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 3.4 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดเพชรบูรณ์

รูปที่ 3.5 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดพิจิตร



รูปที่ 3.6 โต๊ะสำหรับวางแท็บเล็ตและเก้าอี้โรงเรียนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

3.3 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

1. โปรแกรม Fitts' Law

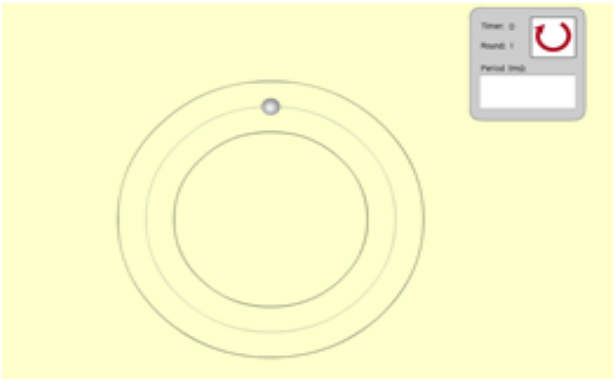
ใช้โปรแกรมที่ทางภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการได้ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (PC) หรือคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค (Notebook) มาใช้กับแท็บเล็ต Surface pro 4 ระบบปฏิบัติการ Windows 8 เพื่อใช้ในการทดสอบงานแตะ (Tapping task) ดังรูปที่ 3.7 ด้วยการจับเวลาจากการใช้ปากกาดิจิตอลแตะจากจุดเริ่มต้นแล้วเคลื่อนที่ไปยังจุดเป้าหมาย โดยทำสลับกันไปมา ซึ่งในแต่ละการทดสอบสามารถกำหนดค่าความยากของงาน (Index of difficulty ; ID) จากเงื่อนไขต่างๆ เช่น ความกว้างและความสูงของเป้าหมาย ระยะห่างระหว่างเป้าหมาย โดยมีหน่วยเป็นพิกเซล (pixel)

รูปที่ 3.7 โปรแกรม Fitts' Law

2. โปรแกรม Steering Law

ใช้โปรแกรมที่ทางภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการได้ออกแบบสำหรับใช้กับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (PC) หรือคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค (Notebook) มาใช้กับแท็บเล็ต Surface pro 4 ระบบปฏิบัติการ Windows 8 ขึ้นมาสำหรับการทดสอบงานลากเป็นเส้นรอบวง (Circular dragging task) ดังรูปที่ 3.8 ด้วยการจับเวลาจากการใช้ปากกาดิจิตอลลากเส้นเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดสิ้นสุดหรือจุดเดิมในแต่ละการทดสอบสามารถกำหนดค่าความยากของงาน (Index of difficulty ; ID) จากเงื่อนไขต่างๆ เช่น ขนาดของบอล ความกว้างของระยะทาง รัศมีในการเคลื่อนที่ โดยมีหน่วยเป็นพิกเซล (pixel)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 3.8 โปรแกรม Steering Law

3.4 การออกแบบและกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง

การออกแบบและการกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง โดยการปรับดัชนีความยากในระดับที่แตกต่างกันสำหรับงานในการแตะ (Tap) และงานในการลาก (Drag) ได้คำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างในการทดลอง เช่น เวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล และความต่างของค่าความยากของงานควรมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับจากน้อยไปมากเพื่อให้เหมาะสมกับการเก็บตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 4 – 6 ช่วงอายุ 9-12 ปี ทั้งในเด็กประถมศึกษาโรงเรียนรอบเหมืองทองคำและโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร โดยดัชนีความยากของการทำงานแตะได้จากสมการของฟิตส์ คือ ID = $\log_2\left(\frac{2A}{W}\right)$ และดัชนีความยากของการทำงานลากได้จากสมการของสเตียริง คือ ID = $\left(\frac{A}{W}\right)$; (A = 2πR) งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงวิทยานิพนธ์ของภาวรรณ ผิวแดง เรื่อง การประเมินสมรรถนะของการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลด้วยแท็บแล็ตในเด็กประถมศึกษาตามแนวคิดตามกฎของฟิตส์และตามกฎของสเตียริง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความผิดปกติของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนของเด็ก เนื่องจากวิทยานิพนธ์ของภาวรรณ ผิวแดง ได้ทำการทดสอบเด็กนักเรียนโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัด สุพรรณบุรี ซึ่งเป็นเด็กปกติที่ไม่มีอาการบาดเจ็บที่มือสุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่มีปัญหาด้านสายตาทั้งสองข้าง และไม่ได้รับปริมาณสารเคมีต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกาย (ปริมาณ สารหนู ปริมาณแมงกานีส และปริมาณเฟอร์ริติน) จากกิจกรรมการทำเหมืองแร่ทองคำ ก่อนเก็บการทดลองให้ผู้ทดสอบฝึกปฏิบัติ (Training) เพื่อให้เกิดความคุ้นชินกับโปรแกรมฟิตส์และสเตียริง และเกิดความชำนาญก่อน แต่ในงานวิจัยนี้ก่อนปฏิบัติจริงผู้ทดสอบรับทราบวิธีการใช้โปรแกรมเพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจการทดสอบทั้งโปรแกรม ฟิตส์และสเตียริง แต่ไม่ได้ให้ผู้ทดสอบฝึกปฏิบัติ (Training) เนื่องจากเวลาในการเก็บข้อมูลที่จำกัด กำหนดดัชนีความยากตามเงื่อนไข ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 เงื่อนไขของดัชนีความยากของงาน (ID) ในการทำงานแตะ (Tap) โดยใช้ปากกาดิจิตอล

ระยะห่างระหว่างเป้าหมาย (Amplitude)		ระยะกว้างของเป้าหมาย (Width)		ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty ; ID)
พิกเซล (Pixel)	มิลลิเมตร (mm.)	พิกเซล (Pixel)	มิลลิเมตร (mm.)	
600	106	100	18	3.58
800	142	50	9	5.00
1100	195	50	9	5.46

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขของดัชนีความยากของงาน (ID) ในการทำงานลาก (Drag) โดยใช้ปากกาดิจิตอล

รัศมีวงกลม (**Radius**)		ระยะกว้าง (**Width**)		ดัชนีความยากของงาน (**Index of difficulty ; ID**)
พิกเซล (**Pixel**)	มิลลิเมตร (**mm**.)	พิกเซล (**Pixel**)	มิลลิเมตร (**mm**.)	
150	30	100	20	9.42
300	60	100	20	18.08
300	60	50	10	37.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

ห้องของโรงเรียนรอบบริเวณเหมืองทองคำ 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนในจังหวัดพิษณุโลก 2 โรงเรียน ห้องผู้อำนวยการโรงเรียน โรงเรียนในจังหวัดเพชรบูรณ์ 1 โรงเรียน ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์โรงเรียนในจังหวัดพิจิตร 1 โรงเรียน ห้องเรียนและโต๊ะเก้าอี้นักเรียน ห้องของโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร 2 โรงเรียน ใช้ห้องสมุดและห้องประชุมเป็นห้องที่ใช้ในการทดสอบเด็ก สำหรับห้องที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ มีการเปิดพัดลมทำให้อุณหภูมิพอเหมาะสมเสมือนห้องทำงานทั่วไป ส่วนห้องที่มีเครื่องปรับอากาศปรับอุณหภูมิไม่ให้หนาวจนเกินไป ทั้งนี้เพื่อไม่ให้มีผลต่อสภาวะจิตใจเด็กและมีแสงสว่างเพียงพอต่อการมองเห็น ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การทดสอบการใช้งานปากกาดิจิตอลบนทัชสกรีน

3.6 สมมติฐานการทดสอบ

3.6.1 ทดสอบระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ในการใช้งาน

เนื่องจากนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอาจมีผลให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกัน จึงได้เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของทั้งงานแตะและลากตามสมมติฐานข้อที่ 1 และ 2

H_1 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครมีระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำสำหรับงานแตะ

H_2 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครมีระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำสำหรับงานลาก

นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำได้รับสารเคมีทั้งจากโดยตรงและโดยอ้อมทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณสารเคมีที่สะสมในร่างกายอีกทั้งภูมิต้านทานของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกันอาจได้รับผลกระทบที่แตกต่างกัน จึงได้เปรียบเทียบระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ของกลุ่มที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์และอยู่นอกเกณฑ์ของทั้งงานแตะและลากตามสมมติฐานข้อที่ 3 และ 6

H_3 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์สำหรับงานแตะ

H_4 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์สำหรับงานแตะ

H_5 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์สำหรับงานลาก

H_6 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์สำหรับงานลาก

นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอยู่ในพื้นที่ที่ห่างไกลจากเทคโนโลยี ดังนั้นนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสไม่เกินเกณฑ์จะต้องมีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครทั้งงานแตะและลาก ตามสมมติฐานข้อที่ 7 และ 10

H_7 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสไม่เกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_8 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสไม่เกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

H_9 : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_{10} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำได้รับสารเคมีทั้งจากโดยตรงและโดยอ้อมดังนั้นนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำจะต้องมีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ความแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครทั้งงานแตะและลาก ตามสมมติฐานข้อที่ 11 และ 14

H_{11} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_{12} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

H_{13} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_{14} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

3.6.2 ทดสอบสมรรถนะในการใช้งาน

เนื่องจากนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอาจมีผลให้สมรรถนะที่แตกต่างกันจึงได้เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของทั้งงานแตะและลากตามสมมติฐานข้อที่ 15 และ 16

H_{15} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครมีให้สมรรถนะที่แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำสำหรับงานแตะ

H_{16} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครมีให้สมรรถนะที่แตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำสำหรับงานลาก

นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำได้รับสารเคมีทั้งจากโดยตรงและโดยอ้อมทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณสารเคมีที่สะสมในร่างกายอีกทั้งภูมิต้านทานของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกันอาจได้รับผลกระทบที่แตกต่างกัน จึงได้เปรียบเทียบให้สมรรถนะของกลุ่มที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์และอยู่นอกเกณฑ์ของทั้งงานแตะและลากตามสมมติฐานข้อที่ 17 และ 20

H_{17} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีสมรรถนะที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์สำหรับงานแตะ

H_{18} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีสมรรถนะที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์สำหรับงานแตะ

H_{19} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีสมรรถนะที่แตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์สำหรับงานลาก

H_{20} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์สำหรับงานลาก

นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอยู่ในพื้นที่ที่ห่างไกลจากเทคโนโลยีดังนั้นนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสไม่เกินเกณฑ์จะต้องสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครทั้งงานแตะและลาก ตามสมมติฐานข้อที่ 21 และ 24

H_{21} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสไม่เกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_{22} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสไม่เกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

H_{23} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์มีมีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_{24} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูไม่เกินเกณฑ์มีมีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำได้รับสารเคมีทั้งจากโดยตรงและโดยอ้อมดังนั้นนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำจะต้องมีสมรรถนะความแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครทั้งงานแตะและลาก ตามสมมติฐานข้อที่ 25 และ 28

H_{25} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

H_{26} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

H_{27} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานแตะ

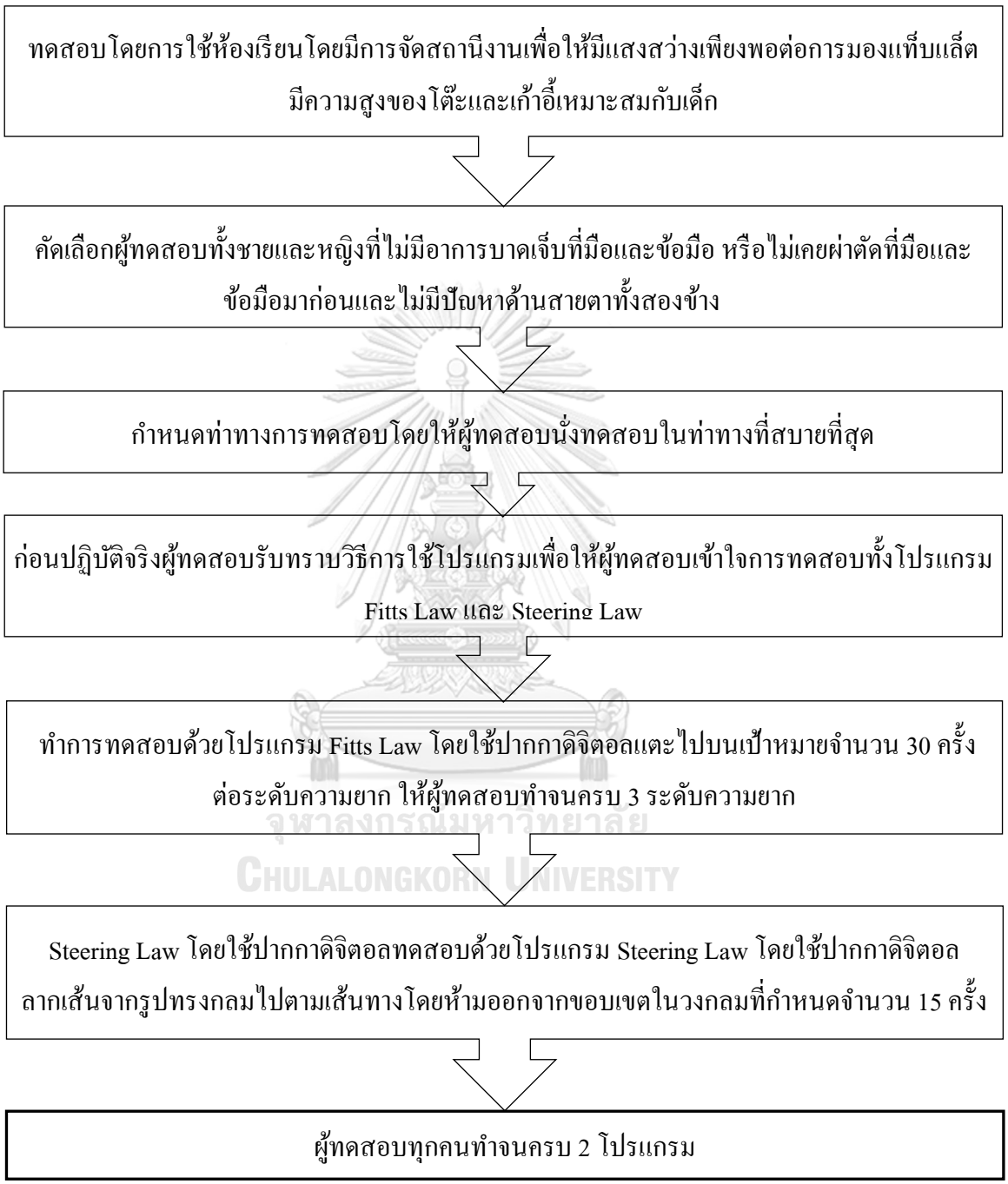
H_{28} : นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มีสมรรถนะแตกต่างกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครสำหรับงานลาก

3.7 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

1. ทดสอบโดยการใช้ห้องเรียนโดยมีการจัดสถานีงานเพื่อให้มีแสงสว่างเพียงพอต่อการมอง แท็บแล็ตมีความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เหมาะสมกับเด็ก
2. ทดสอบเด็กนักเรียนโรงเรียนรอบเหมืองทองคำที่ได้รับการยินยอมจากผู้ปกครอง และนักเรียนโรงเรียน ในกรุงเทพมหานครที่เป็นเด็กที่ไม่มีอาการบาดเจ็บที่มือ สุขภาพร่างกายแข็งแรงไม่มีปัญหาด้านสายตาทั้งสองข้าง หากผู้เข้าร่วมการทดลองมีสายตาไม่ปกติ เช่น สายตาสั้น หรือยาวเกินไปต้องสวมแว่นสายตาหรือใส่คอนแทคเลนส์ก่อนทำการทดลอง และไม่ได้รับปริมาณสารเคมีต่างๆที่เข้าสู่ร่างกาย (ปริมาณ สารหนู ปริมาณแมงกานีส และปริมาณเฟอร์ริติน) จากกิจกรรมการทำเหมืองแร่ทองคำ
3. กำหนดท่าทางการทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบนั่งทดสอบในท่าทางที่สบายที่สุด
4. ก่อนปฏิบัติจริงผู้ทดสอบรับทราบวิธีการใช้โปรแกรมเพื่อให้ผู้ทดสอบเข้าใจการทดสอบทั้งโปรแกรม ฟิตส์และสเตียริง
5. ทำการทดสอบด้วยโปรแกรมฟิตส์ โดยใช้ปากกาดิจิตอลแตะไปบนเป้าหมายจำนวน 30 ครั้งต่อระดับความยาก ให้ผู้ทดสอบทำจนครบ 3 ระดับความยาก พัก 1 นาที และทดสอบด้วยโปรแกรมสเตียริง โดยใช้ปากกาดิจิตอลลากเส้นจากรูปทรงกลมไปตามเส้นทางโดยห้ามออกจากขอบเขตในวงกลมที่กำหนดจำนวน 15 ครั้งต่อระดับความยาก ให้ผู้ทดสอบทำจนครบ 3 ระดับความยาก
6. เงื่อนไขในการทดสอบตามระดับค่าความยากในการทำงาน (Index of difficulty ; ID) ในแต่ละโปรแกรม แสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2
7. ผู้ทดสอบทุกคนทำจนครบ 2 โปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.8 แผนผังขั้นตอนการทดสอบ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.9 การวิเคราะห์ผล

นำค่าความเร็วในการทดสอบ (MT) ในแต่ละดัชนีความยาก (ID) ตามกฎของฟิตส์และกฎของสเตียริง ที่ได้จากการทดสอบในการเขียนของเด็กมาสร้างสมการสมรรถนะของเด็กรายคน ทำการตัดข้อมูลที่1-10 สำหรับการทดสอบด้วยโปรแกรมฟิตส์ และข้อมูลที่ 1-5 สำหรับการทดสอบด้วยโปรแกรมสเตียริง เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เด็กฝึกความเคยชินเพื่อให้คุ้นเคยกับอุปกรณ์และวิธีการทำ โดยการนำข้อมูลที่ 11-30 สำหรับการทดสอบด้วยโปรแกรมฟิตส์ และนำข้อมูลที่ 6-15 สำหรับการทดสอบด้วยโปรแกรมสเตียริง นำค่าความเร็วในการทดสอบ (MT) สร้างสมการถดถอยเพื่อเป็นเส้นตัวแทนสมรรถนะของเด็กโดยตัดข้อมูลด้วยวิธี Box Plot กำหนดให้ Q1 = 0.25 และ Q3 = 0.75 ตัดค่า outlier box plot ที่ต่ำกว่าและสูงกว่า 1.5IQR ออก และหาค่าสมรรถนะ (IP) ของผู้สอบในแต่ละงานและแต่ละระดับที่แตกต่างกันโดยให้แกน Y เป็นค่าความเร็วในการทดสอบ (MT) และแกน X เป็นดัชนีความยาก (ID) สร้างสมการสมรรถนะในการเขียนของเด็กโรงเรียนกรุงเทพมหานครที่ได้จากการเก็บจากด้วยเครื่องมือเดียวกับกับที่ทดสอบเด็กโรงเรียนรอบบริเวณเหมืองทองคำ นำผลการตรวจวัดสมรรถนะเป็นข้อมูลประกอบให้กับการวินิจฉัยทางการแพทย์ร่วมกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarker) เช่น ปริมาณแมงกานีสปริมาณสารหนู และความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (IQ) ด้วยการหาความสัมพันธ์เพียร์สันและทำการสร้างสมการด้วย linear regression analysis โดยการแบ่งกลุ่มการวิเคราะห์ออกเป็นกลุ่มๆ ด้วยวิธี Cluster Analysis โดยใช้โปรแกรม SPSS ทำการแบ่งจุดตัดกราฟและความชันเป็นสองกลุ่ม รวมทั้งหมด 4 กลุ่มการวิเคราะห์ คือ 1. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 ต่ำและค่าสมรรถนะต่ำ 2. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 ต่ำและค่าสมรรถนะสูง 3. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 สูงและค่าสมรรถนะต่ำ 4. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 สูงและค่าสมรรถนะสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้ต้องการประเมินสมรรถนะของการใช้ข้อมือในการเขียนของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 อายุ 9-12 ปี โดยทำการประยุกต์กฎของฟิตส์และสเตียริงมาใช้ในการประเมินสมรรถนะจากการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลร่วมกับแท็บเล็ต (Surface) การทดลองนี้ได้ทำการแบ่งลักษณะของงานเขียนออกเป็น 2 ลักษณะ คือ งานแตะและงานลาก สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับดัชนีความยากของงานเพื่อหาสมรรถนะรายบุคคลของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำและทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของการใช้ข้อมือในการเขียนของของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักเรียนและข้อมูลเบื้องต้นของผู้เข้าร่วมทดลอง

กลุ่ม		กรุงเทพมหานคร		เหมืองทองคำ	
		ช่วงอายุ (ปี)		ช่วงอายุ (ปี)	
		9-10 ปี	11-12 ปี	9-10 ปี	11-12 ปี
จำนวนผู้ทดสอบ (คน)	หญิง	20	16	20	39
	ชาย	12	20	20	37
	รวม	32	36	40	76
ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (กิโลกรัม)		36.80 (n=30)	38.53 (n=36)	31.12 (n=39)	38.21 (n=73)
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้ำหนัก (กิโลกรัม)		11.22 (n=30)	11.18 (n=36)	13.98 (n=39)	11.27 (n=73)
ค่าเฉลี่ยความสูง (เซนติเมตร)		139.19 (n=31)	146.67 (n=36)	136.39 (n=37)	143.61 (n=72)
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสูง (เซนติเมตร)		7.69 (n=31)	11.26 (n=36)	8.87 (n=37)	8.41 (n=72)

n ; จำนวนนักเรียนที่มีข้อมูลเบื้องต้น

ในการทดลองมีผู้ทดลองเข้าร่วม 184 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 68 คน กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ จำนวน 116 คน โดยทั้งสองกลุ่มทำการทดลองทั้งงานแตะและงานลากของดัชนีความยากของงาน 3.58, 5.00 และ 5.46 สำหรับงานแตะ และที่ดัชนีความยากของงาน 9.42, 18.84 และ 37.68 สำหรับงานลาก จำนวนข้อมูลเบื้องต้นของผู้เข้าร่วมทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่มจากแหล่งที่อยู่อาศัย และเป็นช่วงอายุ โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนตามช่วงอายุดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี จำนวน 32 คน และอายุ 11-12 ปี จำนวน 36 คน

กลุ่มที่ 2 นักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ อายุ 9-10 ปี จำนวน 40 คน และอายุ 11-12 ปี จำนวน 76 คน

สำหรับงานวิจัยนี้ได้คัดข้อมูลค่าผิดปกติ (Outlier) ของระยะเวลาในการทดสอบของแต่ละดัชนีความยากของงานเป็นรายคน โดยวิธี BoxPlot และทำสมการถดถอยเส้นตรงเพื่อเป็นสมการตัวแทนสมรรถนะรายบุคคลคน และทำการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ สำหรับงานแตะและงานลากที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนี้

1. สร้างสมการสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนจากความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time ; MT) กับค่าดัชนีความยากของงาน (Index of Performance ; ID) สำหรับงานแตะและงานลากของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม
2. เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ (Y-Interception) และค่าสมรรถนะ (IP) ระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ
3. เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ (Y-Interception) และค่าสมรรถนะ (IP) ระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์กับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ (Y-Interception) และค่าสมรรถนะ (IP) ระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์ และระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน
5. หาความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarker) ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

4.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะสมรรถนะการใช้ข้อมือในการเขียน

ทดสอบงานแตะและงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำด้วยโปรแกรมฟิตส์และสเตียริง ก่อนการทดลองได้อธิบายและทำความเข้าใจวิธีการใช้โปรแกรมให้กับผู้ทดสอบเพื่อการใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง โดยระหว่างการทดสอบการแตะด้วยโปรแกรมฟิตส์เสร็จสิ้นให้ผู้ทดสอบพัก 1 นาที เพื่อบรรเทาความล้าของการใช้สายตาและมือก่อนที่จะทดสอบโปรแกรมสเตียริงและทดสอบการลากด้วยโปรแกรมสเตียริง

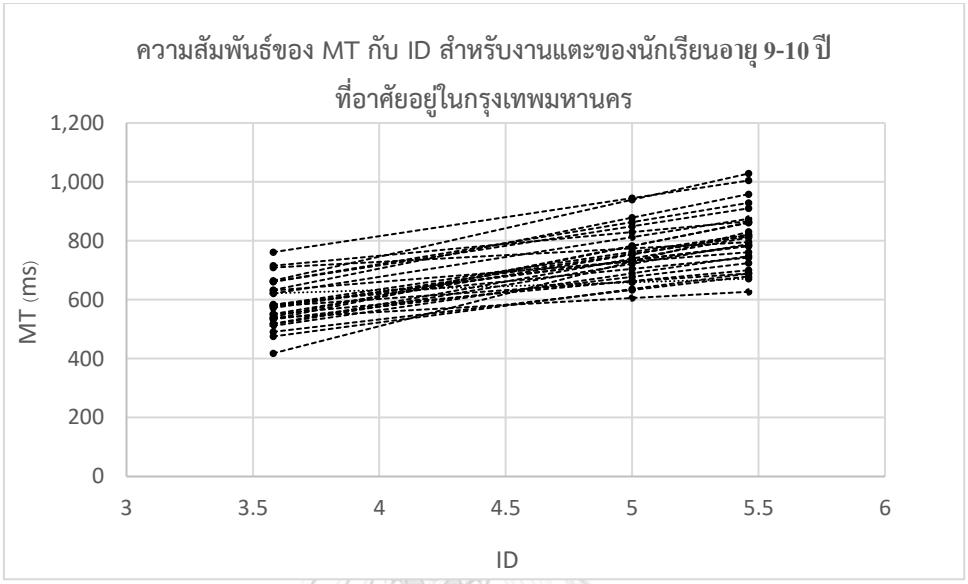
4.1.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานแตะตามแนวคิดของฟิตส์

4.1.1.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานแตะตามแนวคิดของฟิตส์ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

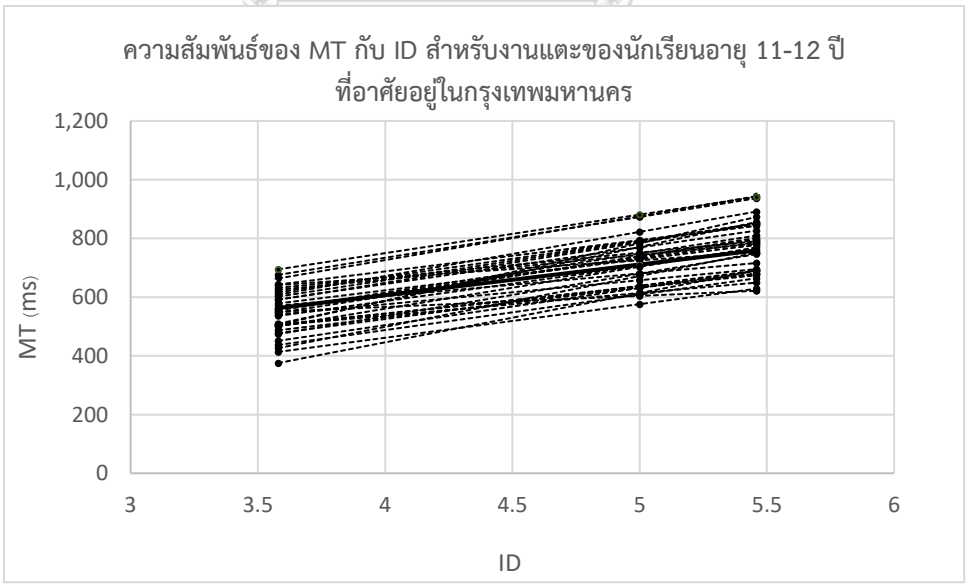
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทดสอบลักษณะงานแตะของนักเรียนจากงานง่ายไปงานยากตามค่าดัชนีความยากของงาน คือ 3.58, 5.00 และ 5.46 จากการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลร่วมกับแท็บเล็ต ผลการทดลองได้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement time) จากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมายของแต่ละดัชนีความยากของงาน วิเคราะห์การทดลองโดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time) กับค่าดัชนีความยากของงาน (Index of Performance) เป็นเส้นตัวแทนสมรรถนะรายบุคคลของการใช้ข้อมือในการเขียนด้วยปากกาดิจิตอล จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าสมรรถนะของงานได้สมการดังนี้ MT = b(ID) + a สามารถคำนวณหาค่าสมรรถนะ (Index of Performance) จากส่วนกลับของค่าความชันจากสูตร IP = 1/b สมการสมมรรถนะและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครแสดงดังภาคผนวก ก

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยในกรุงเทพมหานครแสดงดังรูปที่ 4.1-4.2



รูปที่ 4.1 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.2 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

จากรูปที่ 4.1-4.2 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับลักษณะงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครจำนวน 28 คน พบว่าดัชนีความยากของงาน 3.58 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 800 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 5.46 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 1,100 มิลลิวินาที นักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครจำนวน 36 คน พบว่าดัชนีความยากของงาน 3.58 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 800 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 5.46 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 1,000 มิลลิวินาที และความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานของนักเรียนทั้งสองช่วงอายุพบว่าดัชนีความยากของงานและระยะเวลาในการเคลื่อนที่แปรตามกันกล่าวคือเมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากขึ้นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย สำหรับค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสถิติของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะสำหรับงานแบบแตะนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
9–10 ปี (28 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-366.96	545.12	159.40	200.93
	$MT_{ID=3.58}$ (ms)	418.06	761.53	583.27	77.85
	$MT_{ID=5.00}$ (ms)	605.32	945.14	751.40	88.28
	$MT_{ID=5.46}$ (ms)	626.95	1,028.32	805.86	101.11
	IP	4.56	38.10	8.47	6.96
11–12 ปี (36 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-225.45	428.68	118.80	157.63
	$MT_{ID=3.58}$ (ms)	375.42	694.57	547.33	77.23
	$MT_{ID=5.00}$ (ms)	575.97	880.89	717.30	81.34
	$MT_{ID=5.46}$ (ms)	621.41	943.79	772.36	88.43
	IP	5.12	26.50	8.35	3.86

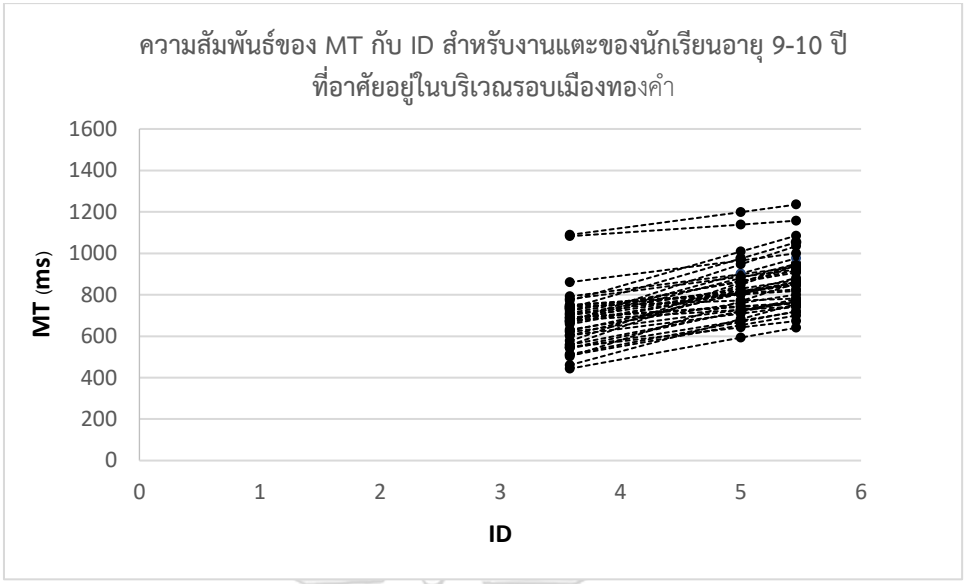
จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าสถิติสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยในกรุงเทพมหานคร พบว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID3.58}$, $MT_{ID5.00}$, $MT_{ID5.46}$) เท่ากับ 583.27, 751.40 และ 805.86 มิลลิวินาที ตามลำดับ นักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลา

ในการเคลื่อนที่เฉลี่ยเท่ากับ 547.33, 717.30 และ 772.36 มิลลิวินาทีตามลำดับ แสดงว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ได้เร็วกว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของดัชนีชี้วัดเท่ากับศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี เท่ากับ 159.40 นักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาของดัชนีชี้วัดเท่ากับศูนย์เท่ากับ 118.80 ค่าสมรรถนะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี เท่ากับ $8.45x10^{-3}$ และ $8.35\ x10^{-3}$ ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ยของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่ากว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ในขณะที่เวลาในการเคลื่อนที่ของแต่ละดัชนีความยากของงานของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี เพียงเล็กน้อยมีผลให้ค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี

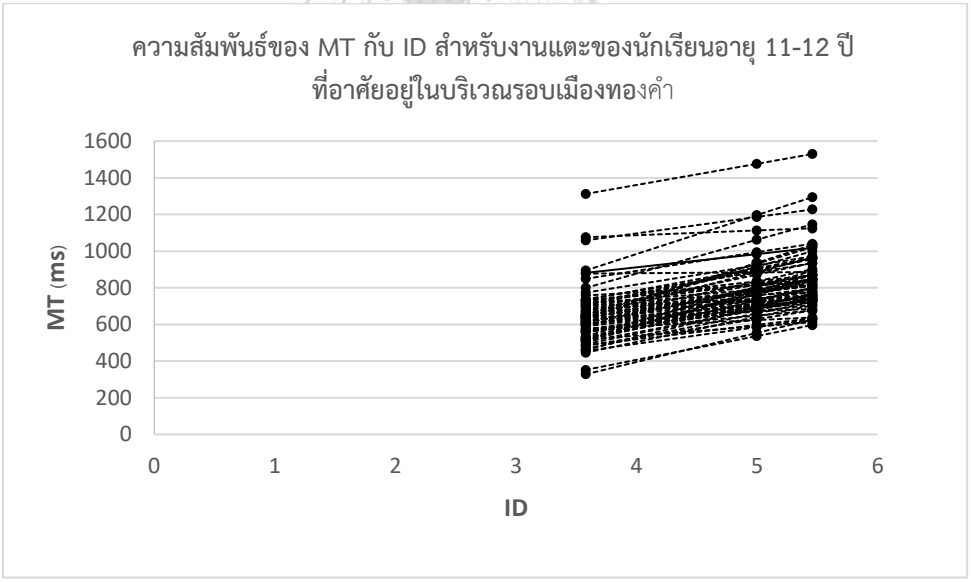
4.1.1.2 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานแตะตามแนวคิดของฟิตส์ของนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณรอบเหมืองทองคำ

ทดสอบลักษณะงานแตะของนักเรียนจากงานง่ายไปงานยากตามค่าดัชนีความยากของงาน คือ 3.58, 5.00 และ 5.46 จากการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลร่วมกับแท็บเล็ต ผลการทดลองได้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement time) จากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมายของแต่ละดัชนีความยากของงาน วิเคราะห์การทดลองโดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time) กับค่าดัชนีความยากของงาน (Index of Performance) เป็นเส้นตัวแทนสมรรถนะรายบุคคลของการใช้ข้อมือในการเขียนด้วยปากกาดิจิตอล จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าสมรรถนะของงานได้สมการดังนี้ MT = b(ID) + a สามารถคำนวณหาค่าสมรรถนะ (Index of Performance) จากส่วนกลับของค่าความชันจากสูตร IP = 1/b สมการสมมรรถนะและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำแสดงดังภาคผนวก ก กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำแสดงดังรูปที่ 4.3-4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.3 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียนของนักเรียนอายุ 9 -10 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ



รูปที่ 4.4 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานแตะของนักเรียนของนักเรียนอายุ 11 -12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

จากรูปที่ 4.3-4.4 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับลักษณะงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำพบว่า ดัชนีความยากของงานและระยะเวลาในการเคลื่อนที่แปรตามกันกล่าวคือ เมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย สำหรับนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำจำนวน 40 คน พบว่ามีนักเรียนจำนวน 38 คน ที่มีสมการตัวแทนความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานอยู่ในช่วงกลุ่มเดียวกันเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 ไม่เกิน 1,000 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 5.46 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 1,100 มิลลิวินาที มีนักเรียนจำนวน 2 คน ที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 เกิน 1,000 มิลลิวินาที และเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 สูงกว่านักเรียนจำนวน 38 คนอย่างเห็นได้ชัด นักเรียนอายุ 11-12 ปี จำนวน 76 คน พบว่านักเรียนจำนวน 75 คน มีเส้นตัวแทนความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานนักเรียนอยู่ในช่วงกลุ่มเดียวกัน ดัชนีความยากของงาน 3.58 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 1,200 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 5.46 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 1,400 มิลลิวินาที และความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานของนักเรียนทั้งสองช่วงอายุพบว่าดัชนีความยากของงานและระยะเวลาในการเคลื่อนที่แปรตามกันกล่าวคือเมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย สำหรับค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าสถิติสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำพบว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID=3.58}$, $MT_{ID=5.00}$, $MT_{ID=5.46}$) เท่ากับ 671.11, 816.52 และ 863.63 มิลลิวินาที ตามลำดับ นักเรียนอายุ 11-12 ปี เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID=3.58}$, $MT_{ID=5.00}$, $MT_{ID=5.46}$) เท่ากับ 636.98, 788.34 และ 837.37 มิลลิวินาที ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ได้เร็วกว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี สำหรับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี เท่ากับ 304.50 มิลลิวินาที นักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มีค่าเท่ากับ 255.39 ค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี เท่ากับ 13.14×10^{-3} และ 12.44×10^{-3} ตามลำดับ จากค่าสูงสุดเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่ากว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ในขณะที่เวลาที่ใช้

ในการเคลื่อนที่ของแต่ละดัชนีความยากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ทำให้ค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าสถิติของระยะเวลาและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
9–10 ปี (40 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-176.71	939.55	304.50	308.12
	$MT_{ID=3.58}$ (ms)	443.39	1,089.10	671.11	673.65
	$MT_{ID=5.00}$ (ms)	592.45	1,199.32	816.52	811.19
	$MT_{ID=5.46}$ (ms)	640.73	1,235.03	863.63	854.93
	IP	4.88	48.99	13.14	10.50
*11–12 ปี (75 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-239.25	983.11	255.39	246.87
	$MT_{ID=3.58}$ (ms)	328.50	1,312.03	636.98	150.74
	$MT_{ID=5.00}$ (ms)	537.05	1,476.44	788.34	152.45
	$MT_{ID=5.46}$ (ms)	596.90	1,529.70	837.37	159.11
	IP	4.71	58.16	12.44	9.02

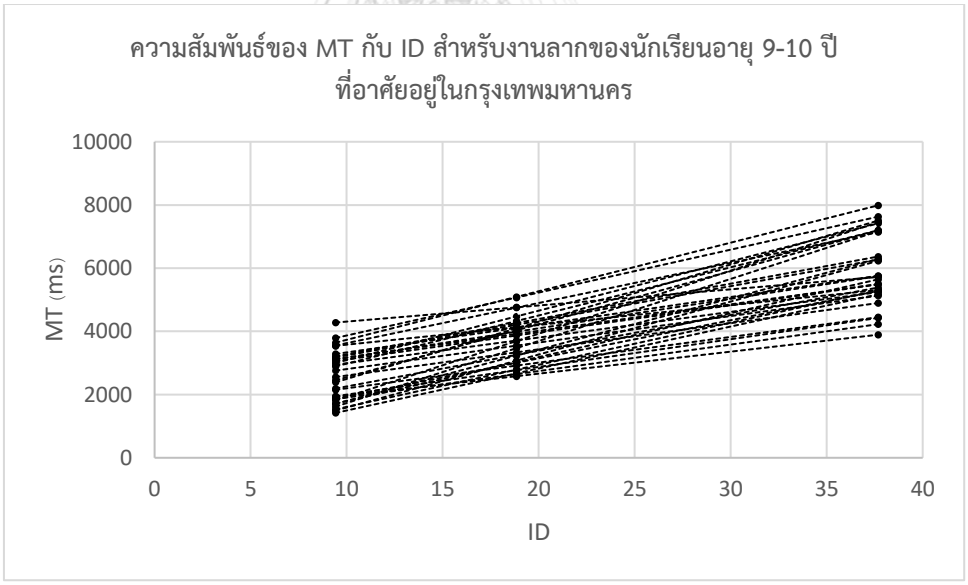
* ไม่รวมนักเรียนคนที่ G48

ตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงค่าสถิติสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำพบว่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เฉลี่ยในแต่ละดัชนีความยากของงานเมื่อดัชนีความยากของงานเพิ่มจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้นเป็นไปตามทฤษฎีของ Speed and Accuracy Trade off ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความเร็วและความผิดพลาดของการเคลื่อนไหวของมนุษย์เมื่อมีข้อจำกัดของงานที่มีความยากจะทำให้มีความเร็วลดลง

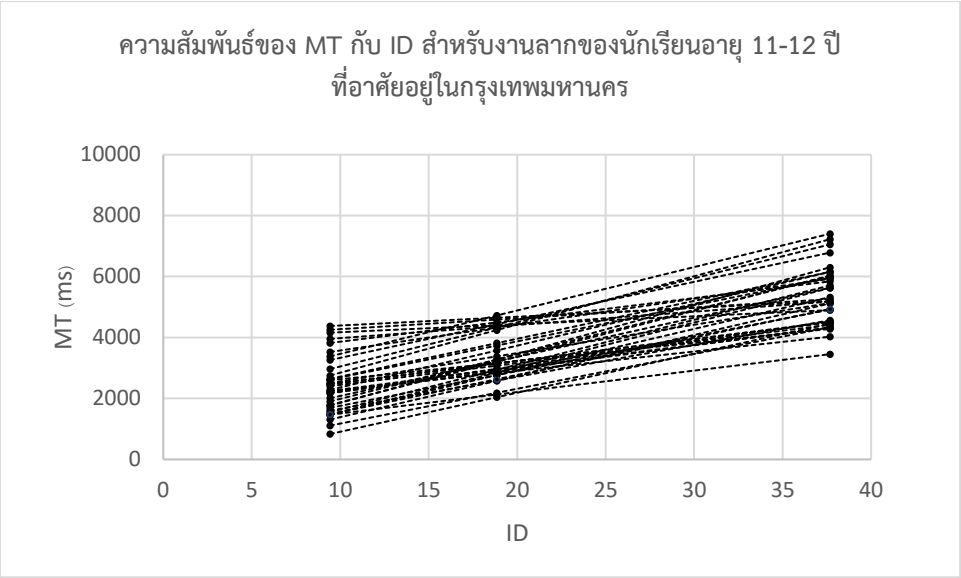
4.1.2 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานลากตามแนวคิดของสเตียริง

4.1.2.1 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานลากตามแนวคิดของสเตียริงของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

ทดสอบลักษณะงานลากของนักเรียนจากงานง่ายไปงานยากตามค่าดัชนีความยากของงาน คือ 9.42, 18.84 และ 37.68 จากการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลร่วมกับแท็บเล็ต ผลการทดลองได้ระยะเวลาในกาเคลื่อนที่ (Movement time) จากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมายของแต่ละดัชนีความยากของงาน วิเคราะห์การทดลองโดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) ของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement Time) กับค่าดัชนีความยากของงาน (Index of Performance) เป็นเส้นตัวแทนสมรรถนะรายบุคคลของการใช้ข้อมือในการเขียนเขียนด้วยปากกาดิจิตอล สมการสมรรถนะรายบุคคลแสดงดังภาคผนวก กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยในกรุงเทพมหานครแสดงดังรูปที่ 4.5-4.6



รูปที่ 4.5 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 4.6 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

จากรูปที่ 4.5-4.6 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับลักษณะงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครจำนวน 31 คน พบว่าดัชนีความยากของงาน 9.42 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 4,000 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 37.68 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 9,000 มิลลิวินาที นักเรียนอายุ 11-12 ปีพบว่าที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครจำนวน 36 คน พบว่าดัชนีความยากของงาน 9.42 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 5,000 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 37.68 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 8,000 มิลลิวินาที และความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานของนักเรียนทั้งสองช่วงอายุพบว่าดัชนีความยากของงานและระยะเวลาในการเคลื่อนที่แปรตามกัน กล่าวคือเมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าสมรรถนะของงานได้สมการดังนี้ MT = b(ID) + a สามารถคำนวณหาค่าสมรรถนะ (Index of Performance) จากส่วนกลับของค่าความชันจากสูตร IP = 1/b สมการสมมรรถนะและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครแสดงดังภาคผนวก ก สำหรับค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตาราง ที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

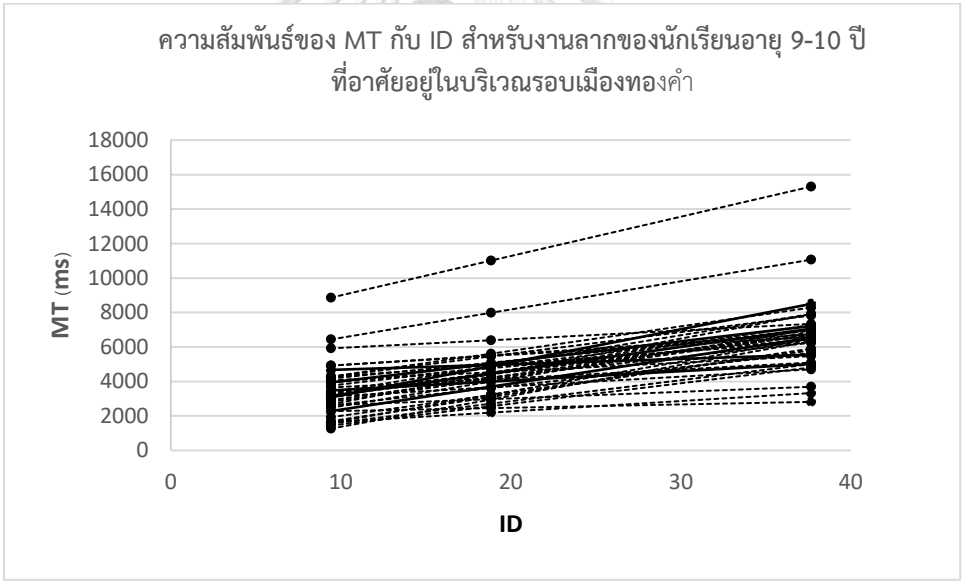
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสถิติของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
9–10 ปี (31 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-232.55	3,798.90	1,458.00	1,004.90
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	1,419.39	4,279.65	2,579.92	790.67
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	2,581.18	5,091.41	3,701.84	731.66
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	3,893.77	7,987.12	5,949.46	1,113.65
	IP	5.01	19.59	8.40	3.48
11–12 ปี (36 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-374.45	4,106.50	1,440.00	1,186.23
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	833.38	4,377.76	2,409.32	932.06
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	2,041.21	4,722.43	3,378.64	778.47
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	3,453.28	7,405.06	5,317.27	952.68
	IP	6.22	38.20	9.72	7.67

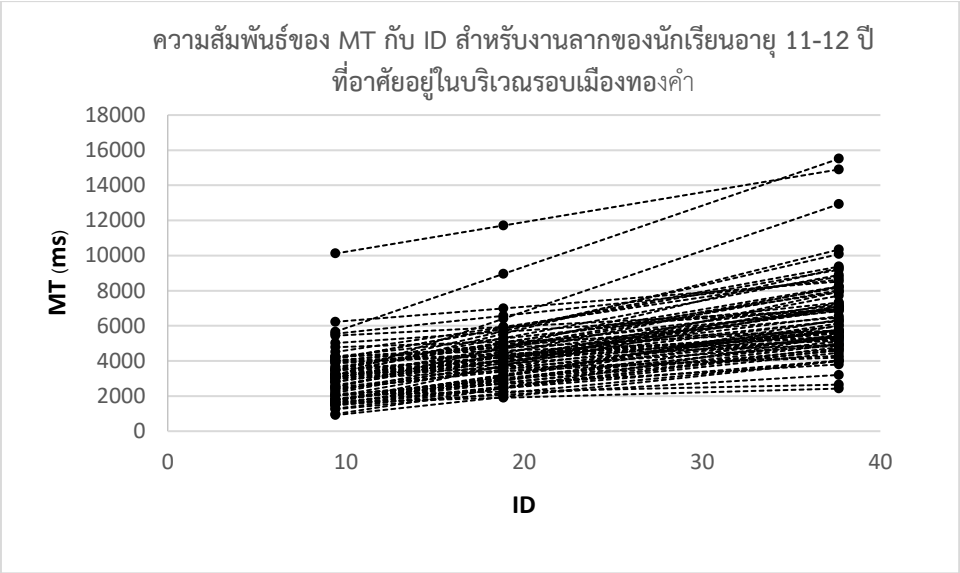
จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าสถิติสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร พบว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID\ 9.42}$, $MT_{ID18.84}$, $MT_{ID37.68}$) เท่ากับ 2,579.92, 3,701.84 และ 5,949.46 มิลลิวินาที ตามลำดับ นักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID\ 9.42}$, $MT_{ID18.84}$, $MT_{ID37.68}$) เท่ากับ 2,409.32, 3,378.64 5,317.27 มิลลิวินาทีตามลำดับ แสดงว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ได้เร็วกว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี เท่ากับ 1,458.00 นักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ เท่ากับ 1,440.00 ค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-10 ปี เท่ากับ 8.40×10^{-3} ต่ำกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีค่าเท่ากับ 9.72×10^{-3} เป็นไปตามพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กเมื่อมีอายุมากขึ้นจะทำให้มีพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.1.2.2 ผลการเก็บข้อมูลสมรรถนะของงานลากตามแนวคิดของสเตียริงของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

ทดสอบลักษณะงานลากของนักเรียนจากงานง่ายไปงานยากตามค่าดัชนีความยากของงาน คือ 9.42, 18.84 และ 37.68 จากการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลร่วมกับแท็บเล็ต ผลการทดลองได้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมายของแต่ละดัชนีความยากของงาน วิเคราะห์การทดลองโดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานเป็นเส้นตัวแทนสมรรถนะรายบุคคลของการใช้ข้อมือในการเขียนด้วยปากกาดิจิตอล กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำแสดงดังรูปที่ 4.7 - 4.8



รูปที่ 4.7 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียนของนักเรียนอายุ 9 -10 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ



รูปที่ 4.8 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของ MT กับ ID สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 11 -12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

จากรูปที่ 4.7-4.8 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานสำหรับลักษณะงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำจำนวน 40 คน พบว่าความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี แปรตามกันกล่าวคือ เมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย สำหรับนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำจำนวน 40 คน พบว่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 นักเรียนจำนวน 39 คน มีเส้นตัวแทนความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานอยู่ในช่วงกลุ่มเดียวกัน ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 8,000 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 37.68 นักเรียนจำนวน 38 คน ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 10,000 มิลลิวินาที แต่พบว่านักเรียน 1 คน ที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ 9.42 และ 37.68 สูงแตกต่างจากนักเรียนคนอื่นอย่างเห็นได้ชัด นักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำจำนวน 75 คน พบว่า ดัชนีความยากของงาน 9.42 นักเรียนจำนวน 74 คน ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 7,000 มิลลิวินาที และดัชนีความยากของงาน 37.68 นักเรียนจำนวน 72 คน ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไม่เกิน 12,000 มิลลิวินาที และความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่กับค่าดัชนีความยากของงานของนักเรียนทั้งสองช่วงอายุพบว่าดัชนีความยากของงานและระยะเวลาในการเคลื่อนที่แปรตามกันกล่าวคือเมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย จากสมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่กับ

ค่าสมรรถนะของงานได้สมการดังนี้ MT = b(ID) + a สามารถคำนวณหาค่าสมรรถนะจากส่วนกลับของค่าความชันจากสูตร IP = 1/b สมการสมมรรถนะและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำแสดงดังภาคผนวก ก สำหรับ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตาราง ที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสถิติของระยะเวลาและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
9–10 ปี (40 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-425.47	6,716.50	2,354.65	1,554.99
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	1,266.55	8,864.07	3,432.02	1,480.60
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	2,198.42	11,011.64	4,509.39	1,554.82
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,817.03	15,306.79	6,664.12	2,054.56
	IP	4.39	52.14	11.91	9.08
*11–12 ปี (75 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-497.74	8,522.10	1,852.86	1,579.60
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	916.26	10,117.75	3,027.71	1,447.75
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	1,899.65	11,713.41	4,202.57	1,572.05
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,426.00	15,512.37	6,552.28	2,354.90
	IP	2.87	47.25	11.28	8.22

***** ไม่รวมนักเรียนคนที่ 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าสถิติสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ พบว่า นักเรียนอายุ 9-10 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID\ 9.42}$, $MT_{ID\ 18.84}$, $MT_{ID\ 37.68}$) เท่ากับ 3,432.02, 4,509.39 และ 6,664.12 มิลลิวินาที ตามลำดับ นักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ($MT_{ID\ 9.42}$, $MT_{ID\ 18.84}$, $MT_{ID\ 37.68}$) เท่ากับ 3,027.71, 4,202.57 และ 6,552.28 มิลลิวินาทีตามลำดับ แสดงว่า นักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนี ได้เร็วกว่า นักเรียนอายุ 9-10 ปี ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี เท่ากับ 2,354.65 นักเรียนอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์เท่ากับ 1,852.86 ค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี เท่ากับ 11.91×10^{-3} และ 11.28×10^{-3} ตามลำดับ และระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของ

ดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่ากว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ในขณะที่เวลาในการเคลื่อนที่ของแต่ละดัชนีความยากของนักเรียนอายุ 9-10 ปีสูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี เพียงเล็กน้อยมีผลให้ค่าสมรรถนะเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-10 ปีสูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี

ตารางที่ 4.4 และ 4.5 แสดงค่าสถิติสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 9-12 ปี จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เฉลี่ยในแต่ละระดับความยากของแต่ละช่วงอายุเมื่อดัชนีความยากของงานเพิ่มจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้นเป็นไปตามทฤษฎีของ Speed and Accuracy Trade off โดยเมื่องานมีความยากขึ้นจะทำให้มีความเร็วลดลง

4.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

ในส่วนนี้ได้เปรียบเทียบควาสามสามารถในการใช้กล้ามเนื้ออมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำด้วยการวิเคราะห์การกระจายตัวของเวลาในการเคลื่อนที่จากสมการสมการถดถอยเชิงเส้นตรง ข้อมูลแจกแจงแบบโค้งปกติทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี t-test ของข้อมูลที่อิสระต่อกัน นำข้อมูลค่าความน่าจะเป็น P-Value มาตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยตั้งสมสมติฐานแบบสองทางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแต่ละดัชนีความยากของงาน และค่าสมรรถนะที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบเหมืองทองคำ ถ้าค่า P-Value < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าค่า P-Value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการตั้งสมมติฐานแสดงดังภาคผนวก จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับบริเวณรอบเหมืองทองคำช่วงอายุ 9-12 ปี พบว่า

การทำงานแตะของนักเรียนพบว่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าสำหรับงานแตะค่าเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบเหมืองทองคำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบเหมืองทองคำไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.6 แสดงกรเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับบริเวณรอบเหมืองทองคำ

ลักษณะงาน	ค่าสถิติ	t-test for Equality of Means		
		t	df	P-Value
งานแตะ	$MT_{ID=0}$	3.533	161.204	*0.001
	IP	-1.941	153.751	0.054
งานลาก	$MT_{ID=0}$	5.361	122.288	*<0.000
	IP	-1.110	114.095	0.269

* ค่า P-Value < 0.05

การทำงานลากของนักเรียนพบว่าระยะเวลาที่ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าการทำงานแบบแตะค่าเฉลี่ยของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับบริเวณรอบเหมืองทองคำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบเหมืองทองคำมีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จากข้อมูลดัชนีชี้วัดทางชีวภาพจากการตรวจเลือดและปัสสาวะของเด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากศูนย์วิจัยเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยและป้องกันการบาดเจ็บในเด็ก โรงพยาบาลรามาธิบดี ส่วนนี้ทำการแบ่งกลุ่มผลเลือดของปริมาณแมงกานีสและปัสสาวะของปริมาณสารหนูทำการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและเกินเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับความฉลาดทางเชาวน์ปัญญาเนื่องจากมีนักเรียนเพียง 1 คนที่มีค่าต่ำกว่า 70 จึงไม่สามารถนำมาแบ่งกลุ่มเพื่อวิเคราะห์ได้ สำหรับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพแต่ละดัชนีมีเกณฑ์แตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. ปริมาณแมงกานีส (Manganese ; Mn) ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลิตร (เลือด)
2. ปริมาณสารหนู (Arsenic : As) ไม่เกิน 35 ไมโครกรัมต่อลิตร (ปัสสาวะ)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าทางสถิติของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของผลเลือดและปัสสาวะนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำของกลุ่มที่อยู่ในเกณฑ์และกลุ่มที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับค่าของเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะของกลุ่มที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์และเกินเกณฑ์มาตรฐานแสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าทางสถิติของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของผลเลือดและปัสสาวะนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่ม	ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ	จำนวนคน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยนเบนมาตรฐาน
นักเรียนเหมืองทองอยู่ในเกณฑ์	แมงกานีส (µg/L)	74	5.75	18.82	12.18	2.73
	สารหนู (µg/L)	65	6.25	34.32	21.16	8.38
นักเรียนเหมืองทองเกินเกณฑ์	แมงกานีส (µg/L)	32	15.20	27.68	18.04	2.73
	สารหนู (µg/L)	41	35.05	83.8	48.97	13.33

จากผลแสดงการเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำพบว่ามีความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าสมรรถนะของทั้งงานแตะและลาก แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำอาจไม่คุ้นชินกับการใช้แท็บเล็ตและปากกาดิจิตอลอีกทั้งดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของปริมาณแมงกานีสและสารหนูที่พบในนักเรียนบริเวณรอบเหมืองทองคำอาจมีผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนักเรียนแตกต่างกัน จึงศึกษาปัจจัยร่วมของปริมาณแมงกานีสและสารหนู

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก

วิเคราะห์ปัจจัยของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพที่ส่งผลกระทบจ่อความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กด้วยวิธี Factorial Design สำหรับปัจจัยที่วิเคราะห์ในส่วนนี้คือ ปัจจัยของปริมาณแมงกานีสได้แก่ นักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์และนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์ และปัจจัยของปริมาณสารหนู ได้แก่ นักเรียนที่มีปริมาณสารหนูอยู่ในเกณฑ์และนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์ ข้อมูลของความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะ ข้อมูลความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กแสดงดังตารางที่ 4.8-4.9 ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.10-4.13

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของงานแตะ

ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ	กลุ่ม	$MT_{ID=0}$		IP	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส	กลุ่มที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์	293.64	258.64	13.13	9.16
	กลุ่มที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่เกินเกณฑ์	229.90	254.03	18.56	41.09
สารหนู	กลุ่มที่มีปริมาณสารหนูอยู่ในเกณฑ์	290.95	253.68	12.61	8.90
	กลุ่มที่มีปริมาณสารหนูอยู่เกินเกณฑ์	249.71	265.29	18.05	35.95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของงานลาก

ดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ	กลุ่ม	$MT_{ID=0}$		IP	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส	กลุ่มที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์	1,929.25	1,480.84	11.71	8.61
	กลุ่มที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่เกินเกณฑ์	2,246.59	1,564.10	12.33	9.42
สารหนู	กลุ่มที่มีปริมาณสารหนูอยู่ในเกณฑ์	2,136.84	1,594.83	12.69	10.01
	กลุ่มที่มีปริมาณสารหนูอยู่เกินเกณฑ์	1,829.93	1,350.88	10.58	6.29

ตารางที่ 4.10-4.13 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีส และสารหนูที่ส่งผลระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ของแมงกานีสและสารหนูส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์สำหรับงานแตะ

Source	ss	df	Mean Square	F	Sig.
แมงกานีส	56838.922	1	56838.922	0.859	0.356
สารหนู	10551.083	1	10551.083	0.159	0.690
แมงกานีส *สารหนู	59872.581	1	59872.581	0.905	0.344
Error	6747981.636	102	66156.683		
Total	14956878.730	106			

จากผลการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากตารางที่ 4.10 พบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูไม่มีอิทธิพลร่วมต่อระยะเวลาที่ดัชนีความยากของงานที่ศูนย์สำหรับงานแตะอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของแมงกานีสและสารหนูที่ส่งผลต่อค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียน

Source	ss	df	Mean Square	F	Sig.
แมงกานีส	0.002	1	0.002	0.723	0.397
สารหนู	0.000	1	0.000	0.117	0.733
แมงกานีส *สารหนู	0.003	1	0.003	1.301	0.257
Error	0.237	102	0.002		
Total	1.400	106			

จากผลการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากตารางที่ 4.11 พบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูไม่มีอิทธิพลร่วมต่อค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของแมงกานีสและสารหนูที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์สำหรับงานลาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Source	ss	df	Mean Square	F	Sig.
แมงกานีส	3358290.435	1	3358290.435	1.646	0.203
สารหนู	2476284.526	1	2476284.526	1.214	0.273
แมงกานีส *สารหนู	1466.846	1	1466.846	0.001	0.098
Error	199957817.300	98	2040385.891		
Total	610095523.100	102			

จากผลการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากตารางที่ 4.12 พบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูไม่มีอิทธิพลร่วมต่อต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์สำหรับงานแตะอย่างมีนัยสำคัญ ค่า P-Value มีค่าต่ำคือเท่ากับ 0.098 (ค่าใกล้ 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของแมงกานีสและสารหนูที่ส่งผลต่อค่าสมรรถนะสำหรับงานลาก

Source	ss	df	Mean Square	F	Sig.
แมงกานีส	.002	1	0.002	0.653	0.421
สารหนู	.004	1	0.004	1.585	0.211
แมงกานีส *สารหนู	7.883E-5	1	7.883E-5	0.029	0.865
Error	.264	98	0.003		
Total	1.571	102			

จากผลการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากตารางที่ 4.13 พบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูไม่มีอิทธิพลร่วมต่อค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะอย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 4.10-4.13 พบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูไม่มีอิทธิพลร่วมต่อต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะของงานแตะและลาก และยังพบว่าค่า P-Value ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์ของงานลากมีค่าต่ำ (ค่าใกล้ 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ) และไม่มีอิทธิพลร่วมต่อค่าสมรรถนะแสดงให้เห็นว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูยังไม่ส่งผลโดยตรงที่จะก่อให้เกิดผลกระทบ เนื่องจากนักเรียนได้รับปริมาณแมงกานีสและสารหนูตั้งแต่อายุยังน้อยจึงอาจยังไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติอย่างชัดเจน แต่เมื่อได้รับปริมาณแมงกานีสและสารหนูเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อนักเรียนได้

4.3.2 การเปรียบเทียบความสามารถของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐานพบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูส่งผลต่อ

การทำงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐานด้วยวิธี t-test ของข้อมูลที่อิสระต่อกันนำข้อมูลค่าความน่าจะเป็น P-Value มาตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยตั้งสมสมติฐานแบบสองทางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำทั้งสองกลุ่มถ้าค่า P-Value < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าค่า P-Value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับเกินเกณฑ์มาตรฐาน

ลักษณะงาน	ความแตกต่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (P-Value)			
	Mn		As	
	$MT_{ID=0}$	IP	$MT_{ID=0}$	IP
งานแตะ	*0.048	*0.025	0.528	0.740
งานลาก	0.097	0.821	*0.023	0.905

* ค่า P-Value < 0.05

จากตารางที่ 4.14 การทำงานแตะพบความแตกต่างของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มาตรฐานมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับการทำงานลากพบความแตกต่างของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์ระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4 การเปรียบเทียบย้อนกลับของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐานพบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูส่งผลต่อการทำงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำและผลของการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐานพบความแตกต่างของระยะเวลาของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะของนักเรียน จึงทำการเปรียบเทียบย้อนกลับเพื่อยืนยันว่าดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำมีความแตกต่างกันเนื่องจากความไม่คุ้นชินกับการใช้แท็บเล็ตและปากกาดิจิตอลหรือดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของปริมาณแมงกานีสและสารหนูที่พบในนักเรียนบริเวณรอบเหมืองทองคำอาจมีผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนักเรียนแตกต่างกัน

การวิเคราะห์ส่วนนี้ได้นำข้อมูลของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐานด้วยวิธี t-test ของข้อมูลที่อิสระต่อกัน นำข้อมูลค่าความน่าจะเป็น P-Value มาตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยตั้งสมสมติฐานแบบสองทางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ศูนย์และค่าสมรรถนะที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบเหมืองทองคำ ถ้าค่า P-Value < 0.05 แสดงว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าค่า P-Value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.15 ผลกรเปรียบเทียบของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ลักษณะงาน	ความแตกกต่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (P-Value)			
	กทม.กับเหมืองทองที่มีแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์		กทม.กับเหมืองทองที่มีสารหนูอยู่ในเกณฑ์	
	$MT_{ID=0}$	IP	$MT_{ID=0}$	IP
งานแตะ	*0.000	*0.001	*0.000	*0.002
งานลาก	0.215	0.558	0.146	0.684

* ค่า P-Value < 0.05

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการเปรียบเทียบเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน พบความแตกต่างของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสและสารหนูอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของงานแตะ ในทางกลับกันงานลากไม่พบความแตกต่างของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า P-Value ของเวลาในการเคลื่อนที่ของจุดตัดและค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน

ลักษณะงาน	ความแตกกต่างของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (P-Value)			
	กทม.กับเหมืองทองที่มีแมงกานีสเกินเกณฑ์		กทม.กับเหมืองทองที่มีสารหนูเกินเกณฑ์	
	$MT_{ID=0}$	IP	$MT_{ID=0}$	IP
งานแตะ	0.228	0.988	* 0.018	* 0.063
งานลาก	* 0.033	0.990	0.081	* 0.000

* ค่า P-Value < 0.05

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการเปรียบเทียบเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน งานแตะพบความแตกต่างของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับงานลากพบความแตกต่างของเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ระหว่างระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์มาตรฐาน ในทางกลับกันพบความแตกต่างของค่าสมรรถนะระหว่างระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จากการเปรียบเทียบระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์พบว่ามีความแตกต่างของระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะ นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มากกว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและค่าสมรรถนะต่ำกว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำมีนักเรียนที่อาจไม่คุ้นชินกับการใช้แท็บเล็ตและปากกาดิจิตอลรวมอยู่ด้วยทำให้

ส่งผลต่อการทำงานแตะและลาก และผลการเปรียบเทียบระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มีความแตกต่างของระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะ โดยเฉพาะค่าสมรรถนะของทั้งงานแตะและลากของนักเรียนอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์แสดงให้เห็นว่าดัชนีชี้วัดทางชีวภาพส่งผลต่อนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำเช่นกัน

ตารางที่ 4.17 สรุปการเปรียบเทียบระหว่างดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก

กลุ่มเปรียบเทียบ	ลักษณะงาน	$MT_{ID=0}$	IP
กทม.กับเหมืองทอง	แตะ	* 0.001	0.054
	ลาก	* <0.000	0.269
เหมืองทอง Mg เกินมาตรฐาน กับ Mg ไม่เกินมาตรฐาน	แตะ	* 0.048	* 0.025
	ลาก	0.097	0.821
เหมืองทอง As เกินมาตรฐาน กับ As ไม่เกินมาตรฐาน	แตะ	0.528	0.740
	ลาก	* 0.023	* 0.900
กทม.กับเหมืองทอง Mg ไม่เกินเกณฑ์	แตะ	* <0.000	* 0.001
	ลาก	0.215	0.558
กทม.กับเหมืองทอง As ไม่เกินเกณฑ์	แตะ	* <0.000	* 0.002
	ลาก	0.146	0.684
กทม.กับเหมืองทอง Mg เกินเกณฑ์	แตะ	0.228	0.988
	ลาก	* 0.033	0.990
กทม.กับเหมืองทอง As เกินเกณฑ์	แตะ	* 0.018	0.063
	ลาก	0.081	* <0.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 ความสัมพันธ์ของการใช้ข้อมือสำหรับการเขียนของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำร่วมกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarker)

จากผลการเปรียบเทียบเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐานของแต่ละช่วงอายุพบว่ามีความแตกต่างกันของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะ

สำหรับการวิเคราะห์ทำการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) ระหว่างค่าดัชนีชีวัดทางการแพทย์กับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของงานในการแตะที่ดัชนีความยากของงานแตะและงานลากทั้ง 4 กลุ่ม โดยแบ่งการวิเคราะห์ดังนี้

1. หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่ที่ดัชนีความยากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ โดยค่าบวกแสดงความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนค่าลบแสดงความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน และสมมติฐานของสหสัมพันธ์เพียร์สันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนี้

   H_0 ; ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ที่ดัชนีความยากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ไม่มีความสัมพันธ์กัน

   H_1 ; ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ที่ดัชนีความยากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์มีความสัมพันธ์กัน

   ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญจะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าระยะเวลาในการเคลื่อนที่ที่ดัชนีความยากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ถ้าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญจะยอมรับ H_0 แสดงว่า ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ที่ดัชนีความยากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. สร้างสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) โดยทำการวิเคราะห์โดยการสร้างถดถอยเชิงเส้นระหว่างค่าดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน และค่าดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับค่าสมรรถนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5.1 ผลความสัมพันธ์ของความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

ทำการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (IQ, Mn, As) และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (IQ, Mn, As) ของนักเรียนอายุ 9-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ แสดงดังตารางที่ 4.18 – 4.19

4.5.1.1 ผลของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ

		Interception	ID_3.58	ID_5.00	ID_5.46	IP
IQ	Pearson Correlation	.074	.016	-.027	-.038	.139
	Sig. (2-tailed)	.563	.899	.830	.764	.273
	N	64	64	64	64	64
Mn	Pearson Correlation	.027	-.002	-.020	-.024	-.006
	Sig. (2-tailed)	.834	.987	.875	.850	.966
	N	63	63	63	63	63
As	Pearson Correlation	.006	-.121	-.158	-.161	.064
	Sig. (2-tailed)	.963	.327	.197	.189	.607
	N	68	68	68	68	68

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.18 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะ กับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนอายุ 9-12 ปี ที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ ไม่พบความสัมพันธ์ของความสามารถทางเชาว์ปัญญา ปริมาณแมงกานีสและสารหนู กับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะ ปริมาณแมงกานีส และสารหนูมีแนวโน้มที่มีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความยากของงานมากขึ้น

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลาก กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ

		Interception	ID_9.42	ID_18.84	ID_37.68	IP
IQ	Pearson Correlation	-.188	-.201	-.192	-.139	-.066
	Sig.(2-tailed)	.106	.084	.099	.235	.575
	N	75	75	75	75	75
Mn	Pearson Correlation	-.052	-.076	-.095	-.100	.014
	Sig.(2-tailed)	.669	.532	.438	.414	.906
	N	69	69	69	69	69
As	Pearson Correlation	-.184	-.185	-.161	-.086	-.123
	Sig.(2-tailed)	.136	.133	.192	.491	.323
	N	67	67	67	67	67

จากตารางที่ 4.19 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะ กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำไม่พบความสัมพันธ์ของความสามารถทางเชาว์ปัญญา ปริมาณแมงกานีสและสารหนู กับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะ ปริมาณแมงกานีสและสารหนูมีแนวโน้มที่มีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับความยากของงานมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5.2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำของแต่ละกลุ่ม

จากผลของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Mn, As) และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Mn, As) ของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำไม่พบความสัมพันธ์ของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพกับงานแตะและงานลากเนื่องจากความสามารถของกล้ามเนื้อมัดเล็กของนักเรียนที่ได้รับสารเคมีผลกระทบของสารเคมีอาจยังไม่ถึงเกณฑ์ที่ทำให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อมัดเล็กเนื่องจากภูมิคุ้มกันของนักเรียนแต่ละคนไม่เท่ากัน จึงทำการการจัดกลุ่มโดยใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 กับค่าสมรรถนะ ด้วยวิธี Cluster Analysis แบบ Hierarchical cluster ออกเป็นกลุ่มนักเรียนจำนวน 4 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์จากระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 และค่าสมรรถนะ (ระยะเวลา

ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ศูนย์ ของนักเรียนบางคนติดลบจึกเลือกใช้ดัชนีความยากที่ 1 เป็นเกณฑ์) ดังนี้

การเคลื่อนที่แบบแตะ ดัชนีความยากที่ 1 (ID 3.58) กับค่าสมรรถนะ (IP)

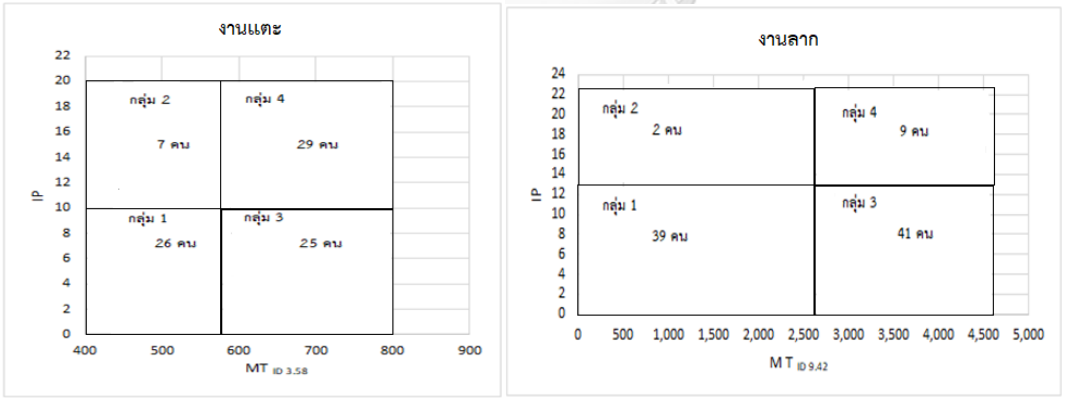
1. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 3.58 ต่ำ กับค่าสมรรถนะต่ำ
2. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 3.58 ต่ำ กับค่าสมรรถนะสูง
3. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 3.58 สูง กับค่าสมรรถนะต่ำ
4. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 3.58 สูง กับค่าสมรรถนะสูง

การเคลื่อนที่แบบลาก ดัชนีความยากที่ 1 (ID 9.42) กับค่าสมรรถนะ (IP)

1. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 9.42 ต่ำ กับค่าสมรรถนะต่ำ
2. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 9.42 ต่ำ กับค่าสมรรถนะสูง
3. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 9.42 สูง กับค่าสมรรถนะต่ำ
4. กลุ่มที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 9.42 สูง กับค่าสมรรถนะสูง

ช่วงระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากที่ 1 กับค่าสมรรถนะทั้งงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำทั้ง 4 กลุ่ม แสดงดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.9 แสดงขอบเขตระยะเวลาในการเคลื่อนที่แบบแตะของดัชนีความยาก 3.58 และ 9.42 กับค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำในแต่ละกลุ่ม



ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Mn, As) และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Mn, As) ของนักเรียนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำของ 4 กลุ่ม แสดงดังตารางที่ 4.20 – 4.26

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 1

Correlations

		Interception	ID_3.58	ID_5.00	ID_5.46	IP
IQ	Pearson Correlation	.377	-.293	-.571**	-.575**	.477*
	Sig. (2-tailed)	.076	.175	.004	.004	.021
	N	23	23	23	23	23
Mn	Pearson Correlation	-.085	.112	.158	.156	-.065
	Sig. (2-tailed)	.691	.602	.460	.468	.763
	N	24	24	24	24	24
As	Pearson Correlation	.253	.135	-.085	-.115	.220
	Sig. (2-tailed)	.232	.530	.693	.593	.301
	N	24	24	24	24	24

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-value ของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58, 5.00 และ 5.46 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 1 พบความสัมพันธ์ของความฉลาดทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 และ 5.46 มีค่าเท่ากับ -0.571, -0.575 ค่า P-value เท่ากับ 0.004 และ 0.004 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ของความฉลาดทางเชาวน์ปัญญากับค่าสมรรถนะมีค่าเท่ากับ 0.477 ค่า P-value เท่ากับ 0.021

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 2

Correlations

		Interception	ID_3.58	ID_5.00	ID_5.46	IP
IQ	Pearson Correlation	-.991	-.655	.519	.650	-.908
	Sig. (2-tailed)	.085	.545	.653	.550	.275
	N	3	3	3	3	3
Mn	Pearson Correlation	-.305	-.963	-.550	-.408	-.012
	Sig. (2-tailed)	.803	.173	.629	.733	.993
	N	3	3	3	3	3
As	Pearson Correlation	.313	.966	.543	.400	.020
	Sig. (2-tailed)	.798	.168	.635	.738	.988
	N	3	3	3	3	3

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-value ของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 ค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 2 พบความสัมพันธ์เวลาของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมีค่าน้อยจากความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนู เมื่อดัชนีความยากของงานมากขึ้นความสัมพันธ์ลดลง สำหรับค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญแสดงว่าระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 3

Correlations

		Interception	ID_3.58	ID_5.00	ID_5.46	IP
IQ	Pearson Correlation	-.002	-.023	-.023	-.021	.046
	Sig. (2-tailed)	.990	.908	.906	.914	.815
	N	29	29	29	29	29
Mn	Pearson Correlation	-.017	-.224	-.221	-.202	.095
	Sig. (2-tailed)	.933	.270	.277	.323	.646
	N	26	26	26	26	26
As	Pearson Correlation	.217	-.014	-.210	-.234	.255
	Sig. (2-tailed)	.258	.943	.274	.222	.182
	N	29	29	29	29	29

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-value ของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 ค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 3 พบความสัมพันธ์เวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมีค่าน้อย จากความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีส เมื่อดัชนีความยากของงานมากขึ้นมีความสัมพันธ์ลดลง ในทางกลับกันเมื่อดัชนีความยากของงานมากขึ้นความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญแสดงว่าระยะเวลาที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานแตะกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 4

Correlations

		Interception	ID_3.58	ID_5.00	ID_5.46	IP
IQ	Pearson Correlation	-.251	-.320	-.334	-.337	.148
	Sig. (2-tailed)	.299	.182	.162	.158	.545
	N	19	19	19	19	19
Mn	Pearson Correlation	-.055	-.079	-.085	-.087	.086
	Sig. (2-tailed)	.840	.772	.754	.749	.752
	N	16	16	16	16	16
As	Pearson Correlation	-.052	-.271	-.343	-.363	.551*
	Sig. (2-tailed)	.849	.310	.194	.167	.027
	N	16	16	16	16	16

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-value ของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 ค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 4 พบความสัมพันธ์เวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพมีค่าน้อย จากความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสและปริมาณสารหนูเมื่อดัชนีความยากของงานมากขึ้นมีความสัมพันธ์สำหรับค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญแสดงว่าระยะเวลาที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 3.58 5.00 และ 5.46 กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบความสัมพันธ์ของสารหนูกับค่าสมรรถนะเท่ากับ 0.551 ค่า P-Value เท่ากับ 0.027 (P-Value <0.05)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลากกับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 1

Correlations

		Interception	ID_9.42	ID_18.84	ID_37.68	IP
IQ	Pearson Correlation	-.044	.107	.181	.204	-.148
	Sig. (2-tailed)	.795	.528	.283	.226	.381
	N	37	37	37	37	37
Mn	Pearson Correlation	.256	.254	.144	.035	.059
	Sig. (2-tailed)	.181	.184	.456	.857	.763
	N	29	29	29	29	29
As	Pearson Correlation	-.179	.123	.330	.423*	-.436*
	Sig. (2-tailed)	.326	.502	.065	.016	.013
	N	32	32	32	32	32

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-Value ของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42, 18.84 และ 37.68 ค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 1 พบว่าความฉลาดทางเชาวน์ปัญญา และปริมาณสารหนูมีความสัมพันธ์มากขึ้นเมื่อดัชนีความยากของงานมีค่าเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของสารหนูกับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 37.68เท่ากับ 0.423 ค่า P-Value เท่ากับ 0.016 ความสัมพันธ์ของสารหนูกับค่าสมรรถนะเท่ากับ -0.436ค่า P-Value เท่ากับ 0.013

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลาก กับดัชนีชี้วัดทางการแพทย์ของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 3

Correlations

		Interception	ID_9.42	ID_18.84	ID_37.68	IP
IQ	Pearson Correlation	-.036	-.108	-.157	-.146	.077
	Sig. (2-tailed)	.845	.555	.391	.425	.675
	N	32	32	32	32	32
Mn	Pearson Correlation	-.175	-.022	.163	.281	-.384*
	Sig. (2-tailed)	.331	.905	.365	.113	.027
	N	33	33	33	33	33
As	Pearson Correlation	-.024	.061	.142	.166	-.141
	Sig. (2-tailed)	.896	.736	.430	.357	.434
	N	33	33	33	33	33

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-Value ของเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42, 18.84 และ 37.68 ค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 3 พบว่าปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนู เมื่อดัชนีความยากของงานมีค่าเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ของแมงกานีสกับค่าสมรรถนะเท่ากับ -0384 ค่า P-Value เท่ากับ 0.027 (P-Value<0.05)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าของความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ค่าสมรรถนะของงานลากกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำ กลุ่มที่ 4

Correlations

		Interception	ID_9.42	ID_18.84	ID_37.68	IP
IQ	Pearson Correlation	-.171	-.156	-.141	-.107	-.168
	Sig. (2-tailed)	.686	.712	.740	.801	.691
	N	8	8	8	8	8
Mn	Pearson Correlation	-.711*	-.709*	-.703	-.676	-.056
	Sig. (2-tailed)	.048	.049	.052	.066	.894
	N	8	8	8	8	8
As	Pearson Correlation	-.147	-.104	-.061	.025	-.511
	Sig. (2-tailed)	.728	.806	.886	.954	.196
	N	8	8	8	8	8

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

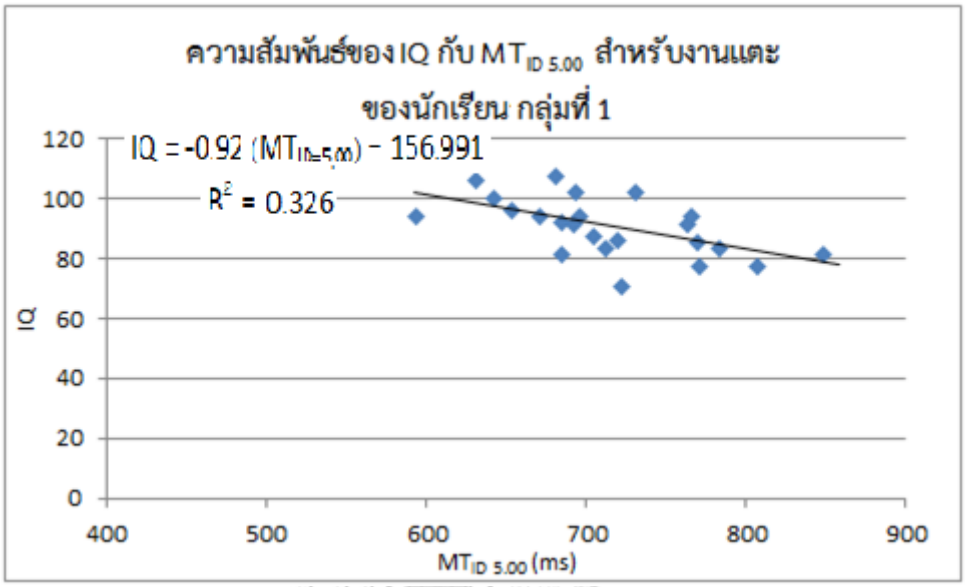
ตารางที่ 4.26 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันและค่า P-Value ของเวลาของจุดตัดแกน Y ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ในดัชนีความยากของงาน 9.42, 18.84 และ 37.68 และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนรอบเหมืองทองคำกลุ่มที่ 4 พบความสัมพันธ์ของแมงกานีสกับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ 9.42 มีค่าเท่ากับ -0.711ค่า P-Value เท่ากับ 0.048 และความสัมพันธ์ของแมงกานีสกับดัชนีความยากของงาน 9.42 เท่ากับ -0.709 ค่า P-Value เท่ากับ 0.049

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

กลุ่มนักเรียนที่มีความสัมพันธ์เพียร์สันของของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแต่ละดัชนีความยากกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (IQ, Mn, As) และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (IQ, Mn, As) จากตารางที่ 4.20 – 4.26 สามารถหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมการถดถอยแสดงดังรูปที่ 4.12-4.20 และตารางแสดงสมการถดถอยระหว่างดัชนีชี้วัดทางการแพทย์กับเวลาในการเคลื่อนที่ของงานแตะและลากดังตารางที่ 4.48-4.49 สำหรับข้อมูลของแต่ละกลุ่มได้วิเคราะห์สมมติฐานและความน่าเชื่อถือแสดงดังภาคผนวกที่ ค

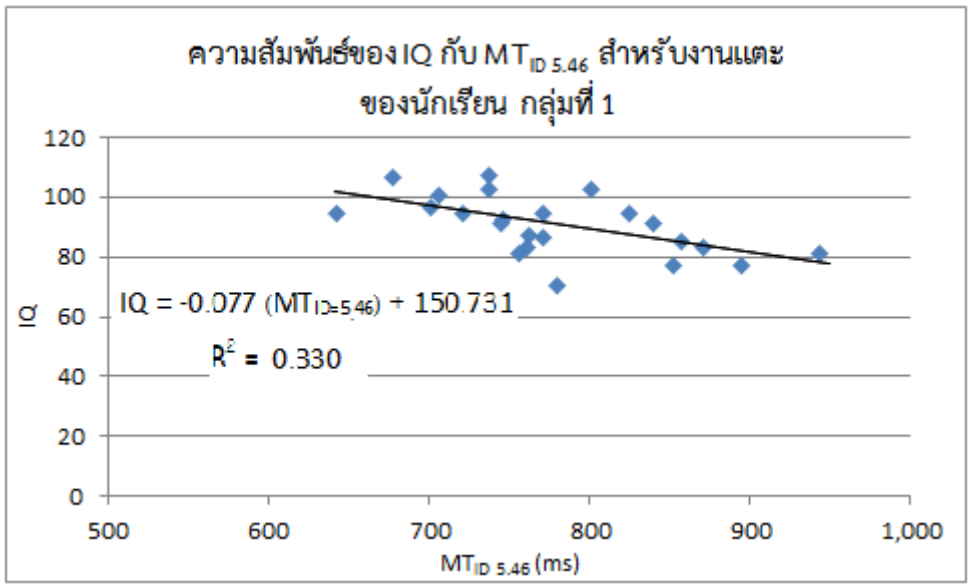
4.5.2.1 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของงานแตะ



รูปที่ 4.10 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ IQ กับ $MT_{ID\ 5.00}$ สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 1

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 มีค่าเท่ากับ -0.571 แสดงว่าค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางลบ จากความสัมพันธ์สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.10 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 สำหรับงานแตะของนักเรียนกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 23 คน ที่มีค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาอยู่ระหว่าง 71-108 และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 อยู่ระหว่าง 652.89-858.13 มิลลิวินาที พบว่าความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 แปรผกผันกัน กล่าวคือนักเรียนที่มีความสามารถทางเชาวน์ปัญญาสูงใช้เวลาในการเคลื่อนที่ลดลง ในทางกลับกันนักเรียนที่มีความสามารถทางเชาวน์ปัญญาต่ำใช้เวลาในการเคลื่อนที่สูง สมการเส้นตรงของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาจากการทำงานแตะของนักเรียนกลุ่มที่ 1 คือ IQ = -0.92 ($MT_{ID5.00}$) + 156.991 และมีค่า R^2 = 0.326 แสดงถึงความผันแปรของค่า

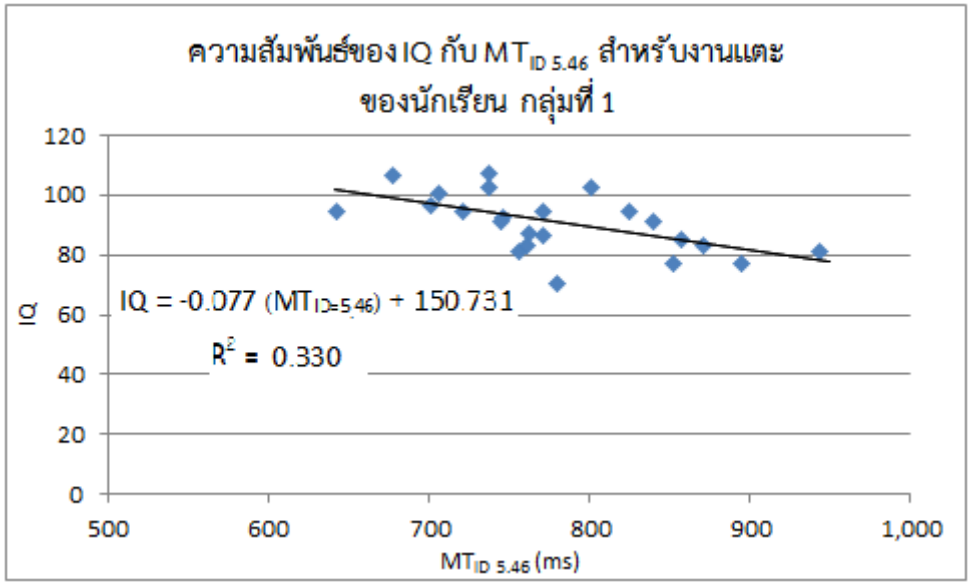
ความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเนื่องจากอิทธิพลของดัชนีความยากของงาน 5.00 ร้อยละ 32.60 อีกร้อยละ 67.40 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.11 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ IQ กับ $MT_{ID\ 5.46}$ สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 1

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.46 มีค่าเท่ากับ -0.575 แสดงว่าค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.46 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางลบ สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (IQ) กับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.46 สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 23 คน ที่มีค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาอยู่ระหว่าง 71-108 และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.46 อยู่ระหว่าง 640.73-941.88 มิลลิวินาที พบว่าความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.46 แปรผกผันกัน กล่าวคือนักเรียนที่มีความสามารถทางเชาวน์ปัญญาสูงใช้เวลาในการเคลื่อนที่ลดลง ในทางกลับกันนักเรียนที่มีความสามารถทางเชาวน์ปัญญาต่ำใช้เวลาในการเคลื่อนที่สูง สมการเส้นตรงของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาจากการทำงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี กลุ่มที่ 1 คือ $IQ = -0.077\ (MT_{ID5.00}) + 150.731$ และมีค่า $R^2 = 0.330$ แสดงถึงความผันแปรของค่า

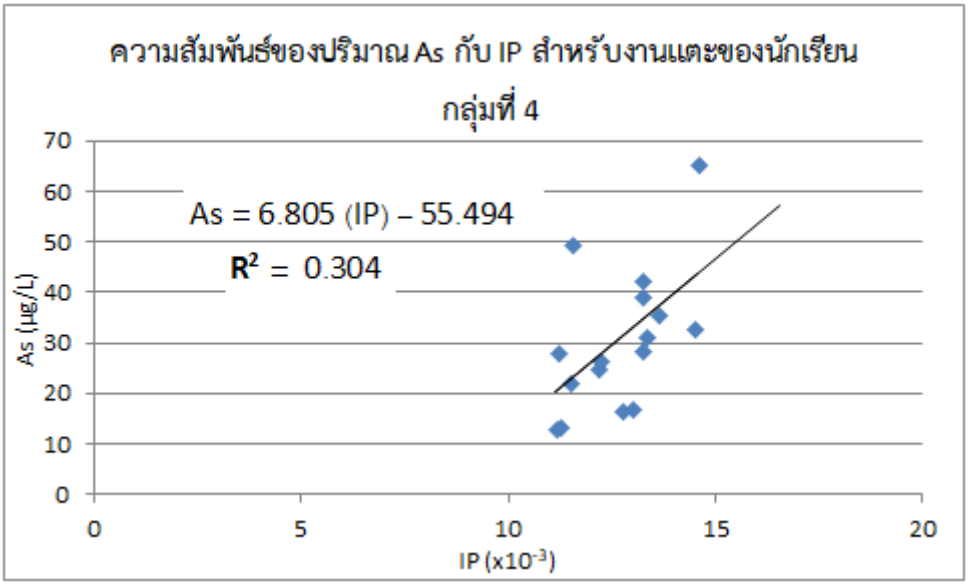
ความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเนื่องจากอิทธิพลของดัชนีความยากของงาน 5.46 ร้อยละ 33.00 อีกร้อยละ 67.00 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.12 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ IQ กับ IP สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 1

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (IQ) กับค่าสมรรถนะ (IP) มีค่าเท่ากับ 0.477 แสดงว่าค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับค่าสมรรถนะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางบวก สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.14 แสดงความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญา (IQ) กับค่าสมรรถนะ (IP) สำหรับงานแตะของนักเรียนช กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 23 คน ที่มีค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาอยู่ระหว่าง 71-108 และค่าสมรรถนะอยู่ระหว่าง 4.88×10^{-3}-10.48×10^{-3} พบว่าความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญากับค่าสมรรถนะแปรตามกัน กล่าวคือเมื่อค่าสมรรถนะที่มีค่ามากขึ้นพบค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สมการเส้นตรงของค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาจากการทำงานแตะของนักเรียนช กลุ่มที่ 1 คือ IQ = 2.685 (IP) + 70.843 และมีค่า R^2 = 0.227 แสดงถึงความผันแปรของชค่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเนื่องจากอิทธิพลของค่าสมรรถนะร้อยละ 22.70 อีกร้อยละ 77.3 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

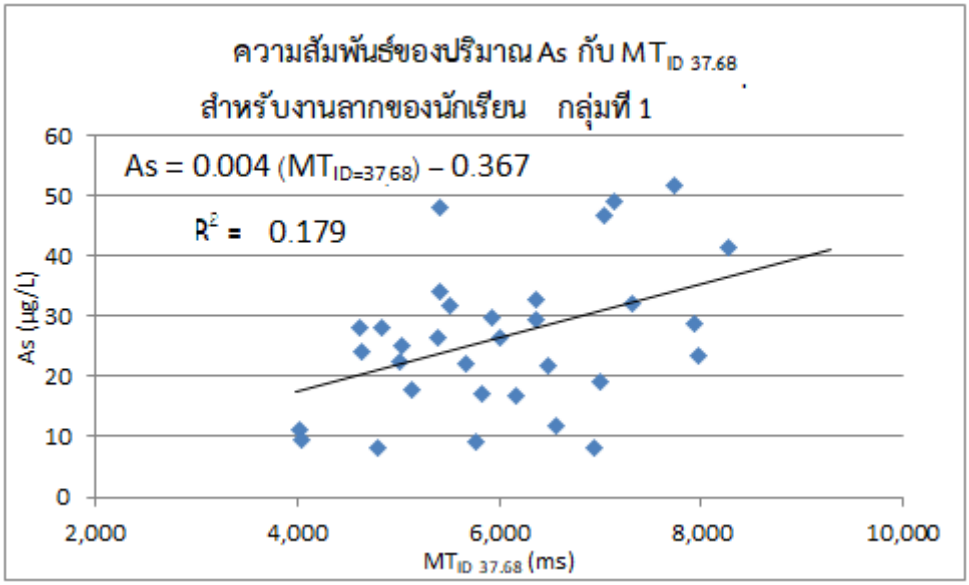
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.13 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ As กับ IP สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 4

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะมีค่าเท่ากับ 0.551 แสดงว่าปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางบวก สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะ สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่มที่ 4 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 16 คนที่มีปริมาณสารหนูอยู่ระหว่าง 12.72-65.43 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าสมรรถนะอยู่ระหว่าง $11.14x10^{-3}$-$14.58x10^{-3}$ พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะแปรตามกัน กล่าวคือเมื่อค่าสมรรถนะที่มีค่ามากขึ้นปริมาณสารหนูเพิ่มขึ้นตามไปด้วยซึ่งไม่สอดคล้องตามทฤษฎีเนื่องจากถ้ามีสมรรถนะที่ดีปริมาณสารหนูควรมีค่าน้อย สมการเส้นตรงของปริมาณสารหนูจากการทำงานแตะของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 4 คือ As = 6.805 (IP) – 55.494 และมีค่า R^2 = 0.303 แสดงถึงความผันแปรของปริมาณปริมาณสารหนูเนื่องจากอิทธิพลของค่าสมรรถนะร้อยละ 30.3 อีกร้อยละ 69.7 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.5.2.2 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของงานลาก

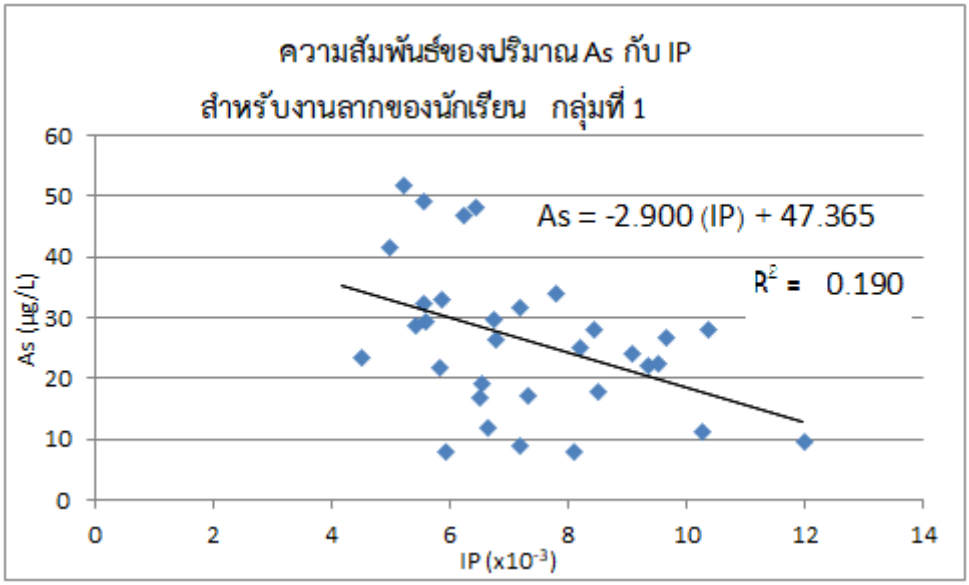


รูปที่ 4.14 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ As กับ $MT_{ID\ 37.68}$ สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 1

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของปริมาณสารหนู (As) กับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 มีค่าเท่ากับ 0.423 แสดงว่าปริมาณสารหนูกับระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางบวก สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.16 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 สำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-12 ปี กลุ่มที่ 3 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 32 คน ที่มีปริมาณสารหนูอยู่ระหว่าง 8.35-51.99 ไมโครกรัมต่อลิตร และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 อยู่ระหว่าง 4,008.88-8,244.08 มิลลิวินาที พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 แปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 มีค่ามากขึ้นปริมาณสารหนูเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สมการเส้นตรงของปริมาณสารหนูจากการทำงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี กลุ่มที่ 1 คือ As = 0.004 $(MT_{ID37.68})$ – 0.367 และมีค่า R^2 = 0.179 แสดงถึงความผันแปรของปริมาณสารหนูเนื่องจากอิทธิพลของ

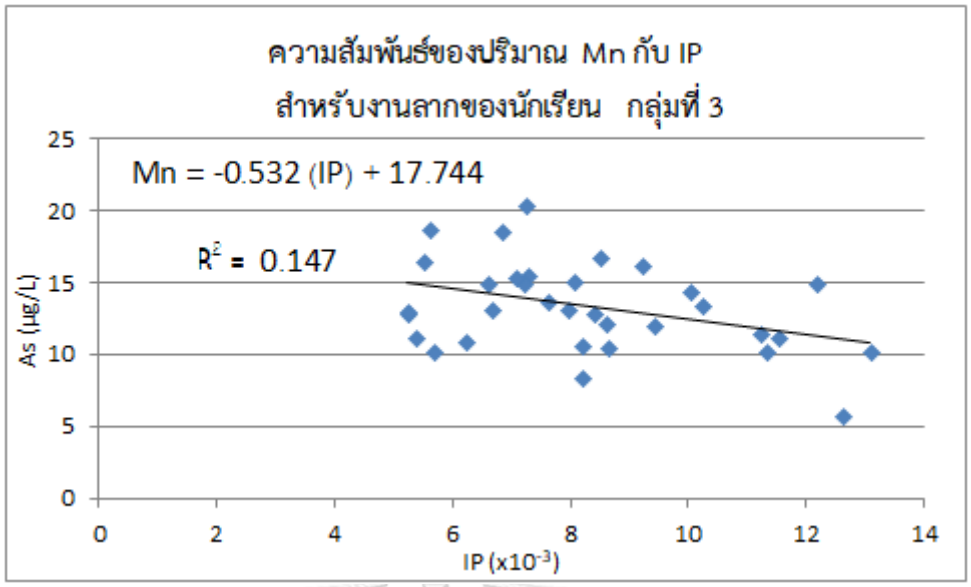
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดัชนีความยากของงาน 37.68 ร้อยละ 17.9 อีกร้อยละ 82.1 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



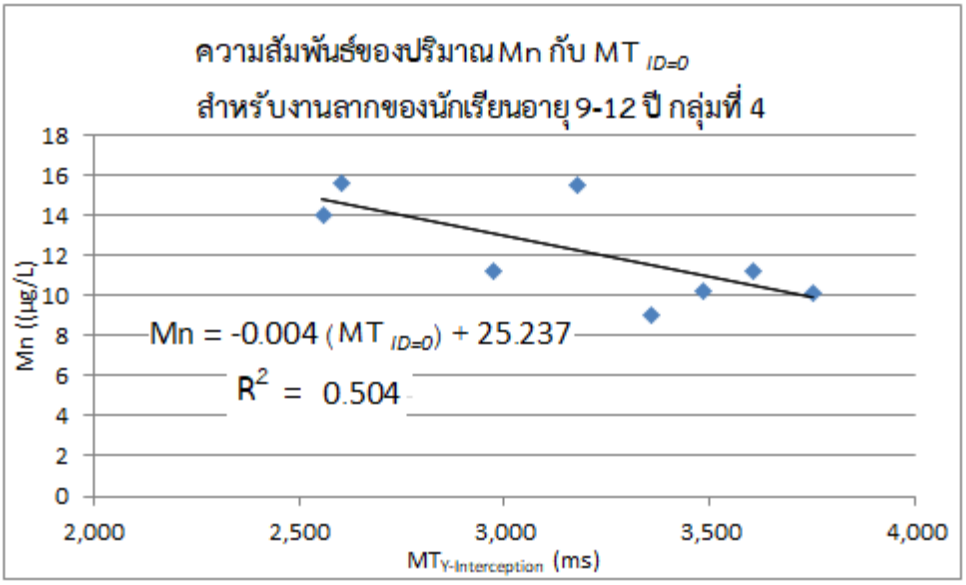
รูปที่ 4.15 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ As กับ IP สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 1

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะมีค่าเท่ากับ -0.436 แสดงว่าปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางลบ สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.15 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะ สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 32 คน ที่มีปริมาณสารหนูอยู่ระหว่าง 8.35-51.99 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าสมรรถนะอยู่ระหว่าง 4.48×10^{-3}-11.95×10^{-3} พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะแปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อค่าสมรรถนะที่มีค่ามากขึ้นปริมาณสารหนูลดลงตามไปด้วย สมการเส้นตรงของปริมาณสารหนูจากการทำงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 3 คือ As = -2.900 (IP) + 47.365 และ มีค่า $R^2 = 0.190$ แสดงถึงความผันแปรของปริมาณปริมาณสารหนูเนื่องจากอิทธิพลของค่าสมรรถนะร้อยละ 19.0 อีกร้อยละ 81.0 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.16 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ Mn กับ IP สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 3

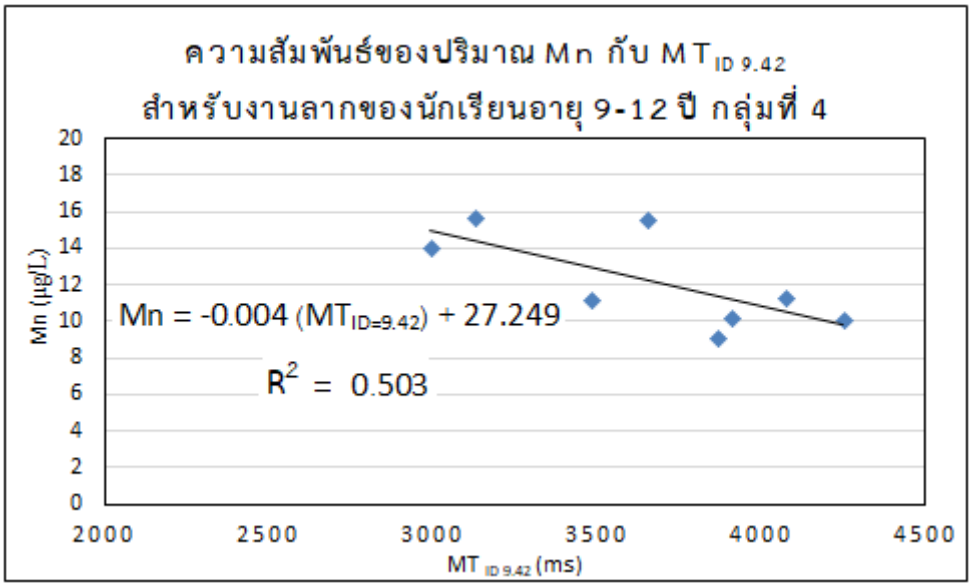
จากความสัมพันธ์เพียร์สันของปริมาณแมงกานีสกับค่าสมรรถนะมีค่าเท่ากับ -0.384 แสดงว่าปริมาณแมงกานีสกับค่าสมรรถนะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางลบ สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.16 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีส (Mn) กับค่าสมรรถนะ (IP) สำหรับงานแตะของนักเรียน กลุ่ม 3 จำนวน 33 คน ที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ระหว่าง 5.75-20.49 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าสมรรถนะอยู่ระหว่าง 5.21×10^{-3}-13.09×10^{-3} พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะแปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อค่าสมรรถนะที่มีค่ามากขึ้นปริมาณสารหนูลดลงตามไปด้วย สมการเส้นตรงของปริมาณแมงกานีสจากการทำงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4 คือ Mn = -0.532 (IP) + 17.744 และมีค่า $R^2 = 0.147$ แสดงถึงความผันแปรของปริมาณปริมาณแมงกานีสเนื่องจากอิทธิพลของค่าสมรรถนะร้อยละ 14.7 อีกร้อยละ 85.3 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 4.17 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ Mn กับ $MT_{ID=0}$ สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของจุดตัดแกน Y มีค่าเท่ากับ -0.711 แสดงว่าปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของจุดตัดแกน Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางลบ สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.17 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 8 คน ที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ระหว่าง 9.17-15.73 ไมโครกรัมต่อลิตร และระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของความยากของงานเท่ากับศูนย์อยู่ระหว่าง 2,553.7-3,747.5 มิลลิวินาที พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์แปรผกผันกัน กล่าวคือเมื่อเวลาของการเคลื่อนที่ของความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่มีค่ามากขึ้นพบปริมาณแมงกานีสลดลงตามไปด้วยซึ่งไม่สอดคล้องตามทฤษฎีเนื่องจากถ้ามีเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มากปริมาณแมงกานีสควรมีค่ามาก สมการเส้นตรงของปริมาณแมงกานีสจากการทำงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 3 คือ Mn = -0.004 ($MT_{ID=0}$) + 25.237 และมีค่า R^2 = 0.504 แสดงถึงความผันแปรของปริมาณแมงกานีสเนื่องจากอิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ร้อยละ 50.4 อีกร้อยละ 49.6 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.18 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ Mn กับ $MT_{ID\ 9.42}$ สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4

จากความสัมพันธ์เพียร์สันของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 มีค่าเท่ากับ -0.709 แสดงว่าปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ของดัชนีความยากของงาน 9.42 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความสัมพันธ์กันในทางลบ สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังรูป 4.18 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 สำหรับงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4 คือกลุ่มนักเรียนจำนวน 8 คน ที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ระหว่าง 9.17-15.73 ไมโครกรัมต่อลิตร และระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42อยู่ระหว่าง 2,988.78-4,245.66 มิลลิวินาที พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 แปรผกผันกัน กล่าวคือ เมื่อเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 ที่มีค่ามากขึ้นพบปริมาณแมงกานีสลดลงตามไปด้วยไม่สอดคล้องตามทฤษฎี เนื่องจากถ้ามีเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มากปริมาณแมงกานีสควรมีค่ามาก สมการเส้นตรงของปริมาณแมงกานีสจากการทำงานลากของนักเรียน กลุ่มที่ 4 คือMn = -0.004 ($MT_{ID\ 9.42}$) + 27.249 และมีค่า R^2 = 0.503 แสดงถึงความผันแปรของปริมาณแมงกานีสเนื่องจากอิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดตัดแกน Y ร้อยละ 50.3 อีกร้อยละ 49.7 เป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการหาความสัมพันธ์และการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางเชาว์ปัญญา ปริมาณแมงกานีส และปริมาณสารหนู กับความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของงานแตะและลาก การทำงานแตะพบความสัมพันธ์ของนักเรียนกลุ่มที่มีค่าสมรรถนะต่ำระหว่างความสามารถทางเชาว์ปัญญากับระยะเวลาในการเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานสูง และความสามารถทางเชาว์ปัญญากับค่าสมรรถนะ ในขณะที่งานลากความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสและสารหนูของนักเรียนกลุ่มที่มีค่าสมรรถนะต่ำ สารหนูมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากสูง และค่าสามรรถนะของนักเรียนกลุ่มที่มีค่าสมรรถนะต่ำแมงกานีสมีความสัมพันธ์กับค่าสมรรถนะของนักเรียนกลุ่มที่มีค่าสมรรถนะต่ำเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

พัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กมีความสำคัญต่อเด็กปฐมวัยเนื่องจากพัฒนาการของร่างกายมีพัฒนาการต่อเนื่องเป็นลำดับตามช่วงอายุ พัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กเกี่ยวเนื่องจากปัจจัย 3 สิ่งด้วยกัน 1.การเรียนการสอน 2.ภูมิต้านทานของเด็กแต่ละคน และ3.สารเคมีที่เข้าสู่ร่างกาย เมื่อทั้ง 3 ปัจจัยส่งผลต่อร่างกายทำให้พัฒนาการหยุดชะงักลง ทำให้เด็กเขียนหนังสือได้ช้าลง คิดวิเคราะห์ช้าลง และทำให้เรียนตามเพื่อนร่วมห้องเรียนไม่ทันส่งผลต่อกิจกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวัน เด็กนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำเป็นเด็กกลุ่มหนึ่งที่ต้องได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเนื่องจากสารเคมีบางตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แมงกานีส และสารหนู เป็นสารตั้งต้นที่ส่งผลต่อระบบประสาทเมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจนเกินกว่าปริมาณที่ร่างกายรับได้ จะทำให้สมรรถนะการใช้ข้อมือในการเขียนช้าลงหรือหยุดชะงักได้ เนื่องจากปริมาณสารเคมีที่สะสมในร่างกายส่งผลโดยตรงต่อการเขียน จึงนำกฎของฟิตส์และสเตียริงมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบสมรรถนะการใช้ข้อมือในการเขียน อีกทั้งการตรวจสอบด้วยวิธีนี้สามารถวัดค่าออกมาในเชิงปริมาณและสามารถแยกระดับความยากของงานจากการเขียนได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้เขียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำเทียบกับเด็กระดับชั้นประถมศึกษาในกรุงเทพมหานครที่มีช่วงอายุ 9-12 ปี ด้วยการใช้ปากกาดิจิตอลบนแท็บเล็ต ซึ่งแบ่งลักษณะงานเป็น 2 ลักษณะงานคือ งานแตะ (Tap) ตามหลักการกฎของฟิตส์ และงานลาก (Drag) ตามหลักการกฎของสเตียริง สำหรับการวิจัยแบ่งการวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.1.1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของสมรรถนะนักเรียนในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบเหมืองทองคำ

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับดัชนีความยากของงานของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวก กล่าวคือเมื่อดัชนีความยากเพิ่มขึ้นส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Speed and Accuracy Trade off ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความเร็วและความผิดพลาดของการเคลื่อนไหวของมนุษย์เมื่อมีข้อจำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ของงานที่มีความยากจะทำให้มีความเร็วลดลง และการทำงานลากพบค่า R^2 ของสมการเส้นสมรรถนะมีค่าสูงกว่าการทำงานแตะ

สำหรับการทำงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสารเคมี พบว่าค่าสมรรถนะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี มีค่าสมรรถนะในการทำงานแตะสูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี การทำงานลากนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 11-12 ปี มีค่าสมรรถนะสูงกว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี แสดงให้เห็นว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี มีความสามารถในการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้ในการเขียนดีกว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี และจากความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับดัชนีความยากของงานสำหรับงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครตามช่วงอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี พบว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของความชันของนักเรียนอายุ 9-10 ปี สูงกว่า 11-12 ปี กล่าวได้ว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ในแต่ละดัชนีความยากสูงกว่า 11-12 ปี และความชันของนักเรียนอายุ 9-12 ปี อยู่ระหว่างความชันของนักเรียนอายุ 9-10 ปี กับนักเรียนอายุ 11-12 ปี เป็นไปตามพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็กเมื่อเด็กมีอายุมากขึ้นจะมีพัฒนาการดีขึ้น

สำหรับการทำงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ พบว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี มีค่าสมรรถนะของงานแตะดีกว่างานลาก การทำงานแตะและงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 9-10 ปี มีค่าสมรรถนะสูงกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี แสดงให้เห็นว่านักเรียนอายุ 9-10 ปี มีความสามารถในการควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กที่ใช้ในการเขียนดีกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี ไม่สอดคล้องตามพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็กเมื่อเด็กมีอายุมากขึ้นจะมีพัฒนาการดีขึ้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอาจมีนักเรียนที่มีความผิดปกติของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กรวมอยู่ด้วย อีกทั้งค่าสมรรถนะของนักเรียนที่สูงผิดปกติพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มีค่าสูงกว่านักเรียนส่วนใหญ่และค่า R^2 มีค่าต่ำกว่าปกติ ในทางกลับกันกว่าเด็กนักเรียนส่วนใหญ่ปกติที่ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มีค่าต่ำมีค่า R^2 ที่สูงกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของนักเรียนในกรุงเทพมหานครและนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบเหมืองทองคำ

ความสัมพันธ์ของปัจจัยของปริมาณแมงกานีส ได้แก่ นักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์และนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสเกินเกณฑ์ และปัจจัยของปริมาณแมงกานีสได้แก่ นักเรียนที่มีปริมาณสารหนูอยู่ในเกณฑ์และนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์ พบว่าปริมาณแมงกานีสและปริมาณแมงกานีสไม่ส่งผลอิทธิพลร่วมกันแต่มีแนวโน้มที่จะส่งส่งผลอิทธิพลร่วมกันมากขึ้นถ้าเด็กได้รับสารเพิ่มขึ้นหรือเป็นเวลานานจนส่งผลต่อการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนของเด็กได้

การเปรียบเทียบระยะเวลาของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และค่าสมรรถนะระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์ การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์ และการเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบเหมืองทองคำที่อยู่ในเกณฑ์พบว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์มากกว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครแต่ค่าสมรรถนะใกล้เคียงกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำมีนักเรียนที่อาจไม่คุ้นชินกับการใช้แท็บเล็ตและปากกาดิจิตอลรวมอยู่ด้วยทำให้ส่งผลต่อการทำงานแตะและลาก อีกทั้งยังพบว่าปริมาณแมงกานีสและสารหนูมีผลทำให้นักเรียนใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียน โดยเฉพาะค่าสมรรถนะของทั้งงานแตะและลากของนักเรียนอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำที่มีปริมาณสารหนูเกินเกณฑ์แสดงให้เห็นว่าดัชนีชี้วัดทางชีวภาพส่งผลต่อนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับสมมติฐานของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์ที่เป็นจริงได้แก่ H_1, H_2, H_3, H_6, H_7, H_{10}, H_{12}, H_{13} และสมมติฐานของสมรรถนะที่เป็นจริงได้แก่ H_{15}, H_7, H_{20}, H_{21}, H_{23}, H_{26}, H_{27}

5.1.3 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพนักเรียนที่อาศัยอยู่รอบเหมืองทองคำ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ พบความสัมพันธ์เพียร์สันของสารเคมีที่เป็นตัวหลักที่ทำให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อมักเล็กคือ แมงกานีส และสารหนู กับระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และค่าสมรรถนะของนักเรียนช่วงอายุ 9-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมือง

ทองคำและสามารถสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงได้ สำหรับสมการถดถอยเชิงเส้นตรงของแมงกานีสและสารหนูที่เป็นไปตามทฤษฎีเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรงของงานลาก ดังนี้ สมการถดถอยเชิงเส้นตรงของสารหนูกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 37.68 ของนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูอยู่ระหว่าง 8.35-51.99 ไมโครกรัมต่อลิตร และระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 อยู่ระหว่าง 4,008.88-8,244.08 มิลลิวินาที สารหนูกับค่าสมรรถนะของนักเรียนที่มีปริมาณสารหนูอยู่ระหว่าง 8.35-51.99 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าสมรรถนะอยู่ระหว่าง $4.48x10^{-3}$-$11.95x10^{-3}$ แมงกานีสกับค่าสมรรถนะของนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ระหว่าง 5.75-20.49 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าสมรรถนะอยู่ระหว่าง $5.21x10^{-3}$-$13.09x10^{-3}$ สำหรับสมการถดถอยเชิงเส้นตรงของแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยาก 9.42 ของนักเรียนที่มีปริมาณแมงกานีสอยู่ระหว่าง 9.17-15.73 ไมโครกรัมต่อลิตร และระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 อยู่ระหว่าง 2,988.78-4,245.66 มิลลิวินาที ไม่เป็นไปตามทฤษฎีเนื่องจากเด็กกลุ่มนี้เป็นเด็กที่มีความสามารถสูงอยู่แล้ว ความสัมพันธ์ของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพและความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนสามารถสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นตรงนี้สามารถใช้ตรวจสอบปริมาณสารเคมีของนักเรียนที่อาศัยบริเวณรอบเหมืองทองคำเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยทางการแพทย์ในการเตรียมความพร้อมในการฟื้นฟูการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่สำหรับงานแตะที่ดัชนีความยากระดับต่ำของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำแสดงถึงความผิดปกติของสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนในเบื้องต้น นักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานเท่ากับศูนย์และของดัชนีความยากของงานทั้ง 3 ดัชนีของการทำงานลาก สามารถแสดงถึงความผิดปกติของสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กในการเขียนในเบื้องต้นได้ทั้งสองลักษณะงาน สำหรับค่าสมรรถนะของงานแตะและลากไม่สามารถใช้ตรวจสอบความผิดปกติของกล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนได้

สำหรับการแบ่งกลุ่มของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำพบความสัมพันธ์ของนักเรียนทั้งการทำงานแตะและลาก งานแตะของนักเรียนที่มีค่าสมรรถนะต่ำ มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางเชาว์ปัญญา ขณะที่งานลากของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ สำหรับสารหนูของนักเรียนที่มีค่าสมรรถนะต่ำสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของระดับดัชนีความยากของงานสูงและค่าสมรรถนะ แมงกานีสของนักเรียนที่มีค่าสมรรถนะสูงสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของระดับดัชนีความยากของงานต่ำและค่าสมรรถนะ

งานวิจัยนี้ความสามารถของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียนผลกระทบของสารเคมีต่อนักเรียนยังไม่ถึงเกณฑ์ที่ทำให้เกิดความผิดปกติของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กเนื่องจากภูมิต้านทางของ

นักเรียนแต่ละคนไม่เท่ากัน อาจทำให้ไม่พบความผิดปกติของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจมีแนวโน้มว่าในอนาคตเมื่อนักเรียนได้รับปริมาณสารแมงกานีสและสารหนูมากขึ้นเป็นเวลานานจะทำให้เกิดผลกระทบต่อต่อการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กหรือก่อให้เกิดโรคต่อนักเรียนได้ เนื่องจากระยะเวลาในการตอบสนองของเด็กที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำมีค่าสูงกว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากการเก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบความผิดปกติของนักเรียนทั้งงานแตะและลากใช้เวลาเฉลี่ย 10 นาที แต่สำหรับสถานการณ์ของการเก็บข้อมูลที่มีเวลาจำกัดทำให้ต้องเก็บข้อมูลอย่างรวดเร็วการทำงานลากของดัชนีความยากของงานสูงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลเนื่องจากสามารถลดเวลาในการเก็บข้อมูลให้เหลือเพียง 1-2 นาที อีกทั้งการทำงานลากสอดคล้องกับการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กจากการเขียน จึงทำให้เก็บข้อมูลเร็วขึ้น และทำสามารถประเมินความผิดปกติของการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กเบื้องต้นเพื่อประกอบการวินิจฉัยกับผลตรวจสารสารเคมีเลือดทางการแพทย์ได้อย่างรวดเร็วและเพื่อเตรียมความพร้อมในการฟื้นฟูการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีปัญหาและอุปสรรคที่สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดลองนี้เป็นการทดลองภาคสนามไม่สามารถใช้โต๊ะและเก้าอี้ที่เหมือนกันได้จึงต้องเกณฑ์ในการนั่งทำการทดลองให้นั่งในท่าที่ถนัดในการเขียนมากที่สุด แสงสว่างเพียงพอต่อการทำการทดลอง สำหรับห้องเรียนปกติทำการเปิดพัดลมและห้องปรับอากาศเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อให้อุณหภูมิไม่ร้อนหรือหนาวเกินไปเพื่อไม่ให้มีผลต่อสภาพจิตใจและความเมื่อยล้าของเด็กนักเรียน
2. ในการทดลองในแต่ละครั้งมีเวลาจำกัดเนื่องจากการการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้เวลานานเวลาในการพัก 1 นาที ระหว่างการทำการทดลองอาจไม่เพียงพอต่อความล้าทางสายตาและการเขียน
3. เด็กนักเรียนบางคนไม่เข้าใจกระบวนการการทดลองได้ง่าย เนื่องจากไม่เคยใช้ปากกาดิจิตอลทำให้ใช้ผิดจึงต้องใช้เวลาชี้แจงเพื่อให้ทดลองได้อย่างถูกต้อง
4. เนื่องจากเด็กนักเรียนเป็นเด็กอายุ 9-12 ปี ทำให้ระหว่างการทดลองอาจมีความตั้งใจหรือสนใจค่อนข้างน้อย
5. ไม่ควรให้เด็กเกิดอาการเครียดซึ่งอาจส่งผลต่อการทดลองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

สำหรับงานวิจัยที่ได้สรุปดังข้างต้นนี้นำไปสู่ข้อเสนอแนะของการวิจัยในอนาคตนั้น นอกจากการใช้เปรียบเทียบสมรรถนะของเด็กในแต่ละพื้นที่แล้วยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นประกอบการวินิจฉัยทางการแพทย์ของเด็กที่มีพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กและนิ้วมือ หรือผู้ป่วยที่มีปัญหาการใช้กล้ามเนื้อ เพื่อใช้การประเมินสมรรถนะในระหว่างการฟื้นฟูการใช้กล้ามเนื้อและนิ้วมือของผู้ป่วย เด็ก หรือคนชรา อาทิเช่นงานวิจัยนี้ นำไปตรวจสอบปริมาณสารเคมีที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายซึ่งจะส่งผลออกมาจากการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์ที่มีระยะเวลาที่จำกัดทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลในสภาวะคงที่เทียบกับเวลา (Stedy Stage) ได้ จึงอาจตรวจสอบกลุ่มประชากรให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพิ่มจำนวนผู้ทดลองมากขึ้น หรือเพิ่มระดับความยากของงานและลดปริมาณการทำซ้ำลง หรือขยายช่วงอายุเพื่อการประเมินที่ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นเพื่อให้สามารถฟื้นฟูผู้ป่วยหรือเด็กที่มีความผิดปกติการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กและนิ้วมือได้อย่างทันท่วงที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

A., S. H., & Rochelle, M. (1985). The correlations of perceptual-motor maturation to readiness and reading in kindergarten and the primary grades. *Journal of the American Optometric Association,* 57, 28–35.

A.Cockbur, D.Ahlströmb, & C.Gutwin. (2012). Understanding performance in touch selections:Tap,dragandradial pointing drag with finger,stylus and mouse. *Human-ComputerStudies,* 70, 218–233.

A.L., B., & S.E., H. (2005). *Assessment of handwriting in children with Developmental Coordination Disorder. Children with Developmental Coordination Disorder* E. D. A. S. M. E. Chambers (Ed.) (pp. 168-188).

Adi-Japha, E., & Freeman, N. H. (2001). Development of differentiation between writing and drawing systems. *Developmental Psychology,* 37(1), 101–114.

Alamargot, D., & Morin, M.-F. (2015). Does handwriting on a tablet screen affect students' graphomotor execution? A comparison between grades two and nine. *Human Movement Science,* 44, 32–41.

Ayres, A. J. (1989). *Sensory Integration and Praxis Test: SIPT manual CA: Western Psychological Services*

Bast-Pettersen, R., & Ellingsen, D. G. (2005). Comparison of a Fine Motor Control Task with Measures of Tremor in Smokers and Manganese-Exposed Workers. *NeuroToxicology,* 26(331–342).

Bayley, N. (2006). *Bayley scales of infant and toddler development : Administration manual*

Beery, K. E., Buktenica, N. A., & Beery, N. A. (2010). *Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration Manual*

Bootsma, R. J., Marteniuk, R. G., MacKenzie, C. L., & Zaal, F. T. J. M. (1994). The speed-accuracy trade-off in manual prehension:effects of movement amplitude, object size and object width on kinematic characteristics. *Exp Brain Res,* 98, 535-541.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bruininks, R., & Bruininks, B. (2005). *The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency – Second Edition (BOT-2) MN: NCS Pearson*

Bruininks, R. H., & Bruininks, B. D. (2015). *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency?—Second Edition (BOT?–2) Manual*

D, B. (1980). *Handgeschicklichkeit im Kindesalter [Manual dexterity in childhood]* กรมอนามัย

D, H.-B., A, S., S, M., Y, R.-A., S, R.-D., R, S.-V. H, R.-R. (2011). Environmental exposure to manganese and motor function of children in Mexico. *NeuroToxicology,* 32(2011), 615–621.

E., S., V., C., & L, B. A. (2014). The influence of spelling ability on handwriting production: Children with and without dyslexia. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,* 40(5), 1441–1447.

Elliott, J. M., & Connolly, K. J. (1984). A classification of manipulative hand movements. *Developmental Medicine and Child Neurology,* 26, 283–296.

fiON, J. J. D. V. D., & THURING, J. P. (1965). The guiding of human writing movements. *Kybernetik,* 2(4), 145–148.

Folio, M. R., & R, R. (2000). *Fewell Peabody Developmental Motor Scales - Second Edition (PDMS-2)*. In Second (Series Ed.)

Galen, G. P. v. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science,* 10, 165-191.

Gesell, A. (1940). *The first Five Years of life: A Guide to the Study of the PreschoolChild* กรมอนามัย

Hsueh, Y.-M., Chen, W.-J., Lee4, C.-Y., Ssu-NingChien, Shiue, H.-S., Huang, S.-R., Hsieh, R.-L. (2016). Association of Arsenic Methylation Capacity with Developmental Delays and Health Status in Children: A Prospective Case–Control Trial. *Scientific Reports,* 6, . doi:10.1038/srep37287

I., N. R., & J., F. A. (1994). Comparison of deficit in cognitive and motor skills among children with dyslexia. *Annals of dyslexia,* 44, 147-164.

ISO 9241-400:2007 *Ergonomics of human--system interaction -- Part* 400: *Principles and requirements for physical input devices*. (2007).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

J, C., ME, N., ME, J.-C., MA, S.-D., A, G., I, R.-L.,F, D.-B. (2001). Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in Mexican children. *Environ Res.,* 85(2), 69–76.

Katz, N., Parush, S., & Bar-Ilan, R. T. (2004). *Dynamic Occupational Therapy Cognitive Assessment for Children (DOTCA-Ch). Manual*

Khan, K., Factor-Litvak, P., Wasserman, G. A., Liu, X., Ahmed, E., Parvez, F., Graziano, J. H. (2011). Manganese exposure from drinking water and children's classroom behavior in Bangladesh *Environ. Health Perspect,* 119, 1501–1506.

KS, A., SS, J., EP, C., C, J., & PM, D. S. (2015). Arsenic and human health effects: A review. *Environ Toxicol Pharmacol,* 40( ), 828–846.

L., L. M. (1993). *Control of human movement*: Human Kinetics Publishers.

LarissaTakser, DonnaMergler, GeorgetteHellier, JosianeSahuquilo, & GuyHuel. (2003). Manganese, monoamine metabolite levels at birth, and child psychomotor development. *NeuroToxicology,* 24, 667–674.

LC, S.-P., P, P., M, M., NB, G., G, G.-O., LM, D. R., & ME, G. (2010). Arsenic species, AS3MT amount and AS3MT gene expression in different brain regions of mouse exposed to arsenite. *Environ Res.,* 110(5), 428–434.

Long, Z., Li, X.-R., Xu, J., Edden, R. A. E., Qin, W.-P., Long, L.-L., Dydak, U. (2014). Thalamic GABA Predicts Fine Motor Performance in Manganese-Exposed. *Smelter Workers PLOS ONE,* 9(2).

M., L. J. (1988). *Miller Assessment for Preschoolers (MAP) Manual*

MacKenzie, I. S. (1992). Fitts' Law as a Research and Design Tool in Human. *Human - Computer Interaction,* 7, 91–139.

N, P., R, S., V, M., MD, E., PB, F., JC, K., & MS, C. (2009). First-trimester increase in oxidative stress and risk of small-for-gestational-agefetus. *BJOG,* 116, 637–642.

N., S., O., A., & R., K. (1993). Relations between writing speed and some other parameters in handwriting. *Journal of Human Movement Studies,* 25, 133-150.

O1, T., & KW, L. (2005). The effect of conscious control on handwriting in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Attention Disorders,* 9(1), 323–332.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

OS, v. E., S, P., Y, Y., DG, M., B, E., A, B., AH, S. (2007). Children's intellectual function in relation to arsenic exposure. *Epidemiology,* 18(1), 44–51.

Parvez, F., A, G., Wasserman, Factor-Litvak, P., Liu, X., Slavkovich, V., Graziano, J. H. (2011). Arsenic Exposure and Motor Function among Children in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives,* 119(11), 1665–1670.

PM., F. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology,* 47, 381-391.

Prpić, I., Milardović, A., Vlašić-Cicvarić, I., Špiric, Z., Nišević, J. R., Vukelić, P., Horvat, M. (2017). Prenatal exposure to low-level methylmercury alters the child's fine motor skills at the age of 18 months. *Environmental Research,* 152, 369–374.

R., M. (1991). Handwriting following transfer to secondary school - some interim research notes. *Handwriting Review,* 5(1991), 43-47.

Rosado, J. L., Ronquillo, D., Kordas, K., Rojas, O., Alatorre, J., Lopez, P., Stoltzfus, R. J. (2007). Arsenic exposure and cognitive performance in Mexican schoolchildren. *Environ Health Perspect,* 115, 1371–1375.

S, K., & C, P. (2015). How does the interaction between spelling and motor processes build up during writing acquisitio. *Cognition,* 136, 325–336.

Sanders, A. P., Flood, K., Chiang, S., Herring, A. H., Wolf, L., & Fry., R. C. (2012). Towards Prenatal Biomonitoring in North Carolina:Assessing Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead Levels in Pregnant Women. *PLoS ONE,* 7(3), e31354.

Soechting, J. F., & Flanders, M. (2008). Sensorimotor control of contact force. *Current Opinion in Neurobiology,* 18, 565–572.

Tresilian, J. (2012). *Sensorimotor control and learning: An introduction to the behavioral neuroscience of action* Houndsmill (Ed.)

Tucha, O., Tucha, L., & Lange, K. W. (2008). Graphonomics, automaticity and handwriting assessmen. *Literacy,* 42(3), 145–155.

Vansteenkiste, P., Cardon, G., D¡¯Hondt, E., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2013). The visual control of bicycle steering: The effects of speed and path width. *Accident Analysis and Prevention,* 51, 222– 227.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Wang, S.-X., Wang, Z.-H., Cheng, X.-T., Li, J., Sang, Z.-P., Zhang, X.-D., Wang, Z.-Q. (2007). Arsenic and fluoride exposure in drinking water: children's IQ and growth in Shanyin county, Shanxi province, China. *Environ Health Perspect,* 115, 643–647.

Wang, Y., Li, S., Piao, F., Hong, Y., Liu, P., & Zhao, Y. (2009). Arsenic down-regulates the expression of Camk4, an important gene related to cerebellar LTD in mice. *Neurotoxicol Teratol,* 31(5), 318–322.

Wann, J. P., & Nimmo-Smith, I. (1991). The control of pen pressure in handwriting: A subtle point. *Human Movement Science,* 10 (2–3), 223–246.

Wassenberg, R., Feron, F. J. M., Kessels, A. G. H., Hendriksen, J. G. M., Kalff, A. C., Kroes, M., Vles, J. S. H. (2005). Relation between cognitive and motor performance in 5 to 6 year old children: Results from a large-scale cross-sectional study. *Child Development,* 76, 1092–1103.

Wasserman, G. A., Liu, X., Parvez, F., Ahsan, H., Factor-Litvak, P., Geen, A. v., Graziano, J. H. (2004). Water arsenic exposure and children's intellectual function in Araihazar, Bangladesh. *Environ Health Perspect,* 112, 1329–1333.

Wasserman, G. A., Liu, X., Parvez, F., Ahsan, H., Factor-Litvak, P., Kline, J., Graziano, J. H. (2007). Water arsenic exposure and intellectual function in 6-year-old children in Araihazar, Bangladesh. *Environ Health Perspect,* 115, 285–289.

Wasserman, G. A., Liu, X., Parvez, F., Ahsan, H., Levy, D., Factor-Litvak, P., Graziano, J. H. (2006). Water manganese exposure and children's intellectual function in Araihazar, Bangladesh. *Environ Health Perspect,* 114, 124–129.

Wicki, W., Lichtsteiner, S. H., Geiger, A. S., & Müller, M. (2014). Handwriting fluency in children: Impact and correlates. *Swiss Journal of Psychology,* 73(2), 87–96.

Y, K., RM, B., N, A., M, H., V, G., & HA, R. (2011). Motor function in adults of an Ohio community with environmental manganese exposure. 32(2011), 606–614.

Ziegler, A., & Stoeger, H. (2010). How Fine Motor Skills Influence the Assessment of High Abilities and Underachievement in Math. *Journal for the Education of the Gifted,* 34(2), 195–219.

กรมอนามัย. (2558). การดำเนินงานเฝ้าระวังอนามัยสิ่งแวดล้อมเหมืองแร่ทองคำรอยต่อ 3 จังหวัด (พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์) กรมอนามัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2535). พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕. Retrieved from

กระทรวงสาธารณะสุข. (2555). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โครงการขยายโรงประกอบโลหกรรมแร่ทองคำ. https://iceh.or.th/v1/page/the-report-analyzes-the-environmental-and-health-impacts-gold/

กระทรวงสาธารณะสุข. (2558). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยง กรณีเหมืองแร่ทองคำ.

กุลยา ตันติผลาชีวะ. (2547). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับเด็กปฐมวัย. เอดิสันเพรสโปรดักส์.

เกศยุพี วัฒนะธนากร, ฉ. ว., วรรณนภา เปรมปรีดา, เอกวิทย์ ปฏิสัมภิทากุล และ จิรภัทร เปลื้องนุช,. (2552). ผลของเกมส์ที่ใช้มือในการแข่งขันต่อความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของผู้บกพร่องด้านพัฒนาการและสติปัญญาระดับรุนแรงอายุ 6-12 ปี.

คู่มือการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์. (2558). แนวทางการดำเนินงานเฝ้าระวังและป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วในเด็กปฐมวัย. Retrieved from

จิราวรรณ พุ่มศรีอินทร์. (2560). ( ). http://www.iamsmartkids.com

ชิตาพร เอี่ยมสะอาด. (2548). กระบวนการจัดประสบการณ์สาหรับเด็กปฐมวัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.

ดร. นิติธร ปิลวาสน์. (2547). กิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อเล็ก (Fine-Motor Development Activities). https://www.gotoknow.org/posts/423338

ดร. นิติธร ปิลวาสน์. (2560). กล้ามเนื้อมัดเล็กของลูก สำคัญอย่างไร. กรมอนามัย. Retrieved from http://www.mamaexpert.com/posts/content-1066

นพ.ทวีศักดิ์ สิริรัตน์เรขา. (2559). แอลดี...ความบกพร่องทางการเรียนรู้. [26/12/2559]. กรมอนามัย. Retrieved from http://www.happyhomeclinic.com/sp04-ld.htm

ปวีณ์กร ทาสาลี. (2559). การพัฒนาทักษะการใช้กล้ามเนื้อเล็กของเด็กปฐมวัย ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนเทศบาล 3 ศรีสว่างสังกัดเทศบาลเมืองเลย จังหวัดเลย. วารสารวิจัยสถาบัน มข., 4(1), 76–86.

ผู้จัดการออนไลน์. (2538). EPA สิ่งแวดล้อมสหรัฐฯ สุดซุ่ย!! ปล่อยสารพิษจากเหมืองทองร้าง เปลี่ยนแม่น้ำโคโลราโดทั้งสายให้เป็น “สีเหลือง” ล่าสุดไหลเข้านิวเม็กซิโก. http://www.manager.co.th/Sport/ViewNews.aspx?NewsID=9580000089966

ผู้จัดการออนไลน์. (2554). เผยจีนผลิตทองคำมากสุดในโลก 4 ปีติด. กรมอนามัย. Retrieved from http://www.manager.co.th/China/ViewNews.aspx?NewsID=9540000065800

ฝ่ายกิจกรรมชุมชน สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย. (2557). *Guideline in Child Health Supervision* สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย (Ed.) กรมอนามัย

ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล. (2558). ปฏิบัติการที่ *TE*-05 การแลกเปลี่ยนความเร็วและความแม่นยำ (*speed and accuracy trade-off)* ตามหลัก *Fitts* และ *Steering*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาวรรณ ผิวแดง. (2557). การประเมินสมรรถนะของการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลด้วยแท็บเล็ตในเด็กประถมศึกษาตามแนวคิดกฎของฟิตส์และกฎของสเตียริง. ฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยรังสิต. (2559). ผลตรวจเลือดชาวบ้านรอบเหมืองพิจิตรพบ แมงกานีส-สารหนู-ไซยาไนด์เกินมาตรฐาน. กรมอนามัย. Retrieved from http://news.thaipbs.or.th/content/250833

ยวมล ไกรล้อมบุญ. (2553). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมด้านการเขียนในเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยมหิดล.

เยาวพา เดชะคุปต์. (2528). กิจกรรมสำหรับเด็กก่อนวัยเรียน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย และ สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย. (2560). *Guideline for Injury Prevention in Well Child Care-final*. กรุงเทพฯ: ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย และ สมาคมกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย Retrieved from http://www.thaipediatrics.org/Media/media-20161222110302.pdf.

วราภรณ์ พิทักษ์ธรรมคุณ. (2557). การประเมินสมรรถนะการใช้แป้นพิมพ์การยศาสตร์โดยอาศัยหลักการกฎของฟิตส์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์. (2558). Arsenic. [04/03/2560]. กรมอนามัย. Retrieved from http://haamor.com/th/%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B9/

สถาบันราชานุกูล. (2559). การสำรวจสถานการณ์ระดับสติปัญญา (IQ) และความฉลาดทางอารมณ์ (EQ) เด็กไทยวัยเรียน และ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. Retrieved from http://rajanukul.go.th/new/get_link.php?mode=portfolio&group=394&id=6032

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2516). เรื่องที่ ๖ อาชีวอนามัย / แมงกานีส (Manganes). from สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน

สุกฤตา พิริยะกูลธร. (2549). การวาด–เขียนเด็กปฐมวัยสัมพันธ์กับกำลังมือ นิ้ว และวิธีการจับดินสอ. มหาวิทยาลัยมหิดล.

อมรินทร์เบบี้&คิตส์. (2560). กิจกรรมพัฒนากล้ามเนื้อมัดเล็ก เพื่ออนาคตที่ดีของลูกน้อย. https://www.amarinbabyandkids.com/pre-school/fine-motor-development-activities/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อานนท์ นนทโส. (2554). ทองคำ. from สารานุกรมไทยฉบับเยาวชน

อิสราภา ชื่นสุวรรณ. (2557). *Guideline in Supervision Child Health* กรมอนามัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียน

ตาราง ก.1 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

คนที่	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	คนที่	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
B1	y = 107.32x + 195.96	0.68	9.32	B17	y = 132.56x + 186.46	0.59	7.54
B2	y = 69.201x + 383.45	0.41	14.45	B18	y = 113.66x + 68.428	0.82	8.80
B3	y = 129.16x + 109.58	0.40	7.74	B19	y = 79.461x + 266.26	0.52	12.58
B4	y = 45.851x + 545.12	0.28	21.81	B20	y = 109.03x + 188.87	0.81	9.17
B5	y = 52.563x + 795.05	0.13	19.02	B21	y = 169.52x - 64.728	0.82	5.90
B6	y = 173.09x + 13.302	0.43	5.78	B22	y = 144.69x - 1.4142	0.53	6.91
B7	y = 59.256x + 365.58	0.54	16.88	B23	y = 208.72x - 136.44	0.55	4.79
B8	y = 174.41x - 89.745	0.74	5.73	B24	y = 134.92x + 137.94	0.60	7.41
B9	y = 67.839x + 949.55	0.13	14.74	B25	y = 100.02x + 132.98	0.72	10.00
B10	y = 129.3x + 298.64	0.56	7.73	B26	y = 80.101x + 428.68	0.28	12.48
B11	y = 127.15x + 126.46	0.59	7.86	B27	y = 155.77x - 39.26	0.66	6.42
B12	y = 311.7x - 541.56	0.51	3.21	B28	y = 26.248x + 527.88	0.03	38.10
B13	y = 84.614x + 281.14	0.54	11.82	B29	y = 219.28x - 366.96	0.77	4.56
B14	y = 193.27x - 26.933	0.38	5.17	B30	y = 47.026x + 370.19	0.16	21.26
B15	y = 142.29x + 151.89	0.37	7.03	B31	y = 142.28x + 42.06	0.48	7.03
B16	y = 101.39x + 170.72	0.44	9.86	B32	y = 125.71x + 61.431	0.72	7.95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.2 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียน อายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
G1	y = 198x - 131.87	0.77	5.05	G21	y = 110.05x + 119.18	0.55	9.09
G2	y = 112.27x + 156.72	0.45	8.91	G22	y = 77.62x + 811.22	0.31	12.88
G3	y = 168.54x + 132.69	0.49	5.93	G23	y = 125.16x + 95.479	0.41	7.99
G4	y = 75.047x + 523.28	0.31	13.32	G24	y = 108.25x + 270.09	0.29	9.24
G5	y = 147.88x + 73.679	0.65	6.76	G25	y = 204.87x - 176.71	0.45	4.88
G6	y = 92.648x + 211.54	0.58	10.79	G26	y = 89.457x + 365.7	0.09	11.18
G7	y = 73.494x + 341.16	0.39	13.61	G27	y = 109.05x + 320.93	0.29	9.17
G8	y = 149.3x + 133.67	0.62	6.70	G28	y = 102.95x + 297.77	0.06	9.71
G9	y = 61.216x + 511.93	0.17	16.34	G29	y = 87.236x + 393.63	0.09	11.46
G10	y = 160.49x + 99.601	0.48	6.23	G30	y = 37.409x + 614.24	0.10	26.73
G11	y = 74.011x + 595.91	0.24	13.51	G31	y = 188.45x - 173.22	0.70	5.31
G12	y = 37.538x + 553.86	0.11	26.64	G32	y = 75.584x + 508.81	0.11	13.23
G13	y = 20.414x + 670.25	0.03	48.99	G33	y = 102.23x + 141.74	0.10	9.78
G14	y = 104.97x + 67.595	0.67	9.53	G34	y = 37.216x + 557.69	0.09	26.87
G15	y = 67.332x + 305.64	0.29	14.85	G35	y = 39.92x + 939.55	0.08	25.05
G16	y = 35.987x + 547.1	0.01	27.79	G36	y = 89.788x + 310.59	0.03	11.14
G17	y = 125.74x + 175.37	0.61	7.95	G37	y = 166.74x + 174.68	0.13	6.00
G18	y = 77.176x + 425.16	0.40	12.96	G38	y = 156.64x - 99.9	0.14	6.38
G19	y = 39.671x + 608.74	0.16	25.21	G39	y = 97.938x + 372.61	0.27	10.21
G20	y = 75.639x + 349.08	0.19	13.22	G40	y = 192.27x - 15.177	0.48	5.20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.3 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
B1	y = 143.11x - 12.146	0.48	6.99	B19	y = 106.35x + 262.02	0.61	9.40
B2	y = 138.89x + 178.4	0.38	7.20	B20	y = 84.209x + 330.18	0.49	11.88
B3	y = 105.9x + 199.34	0.71	9.44	B21	y = 137.39x + 98.894	0.23	7.28
B4	y = 144.96x - 45.03	0.74	6.90	B22	y = 119.62x + 107.67	0.79	8.36
B5	y = 77.041x + 228.65	0.63	12.98	B23	y = 133.25x + 81.996	0.73	7.50
B6	y = 149.14x + 129.49	0.52	6.71	B24	y = 172.94x - 193.06	0.70	5.78
B7	y = 59.336x + 428.68	0.26	16.85	B25	y = 119.93x + 132.23	0.59	8.34
B8	y = 150.38x + 70.164	0.40	6.65	B26	y = 82.104x + 246.9	0.56	12.18
B9	y = 135.98x + 59.276	0.60	7.35	B27	y = 37.74x + 415.35	0.14	26.50
B10	y = 114.51x + 3.4178	0.57	8.73	B28	y = 77.266x + 294.19	0.50	12.94
B11	y = 123.58x + 174.31	0.36	8.09	B29	y = 128.26x + 95.632	0.77	7.80
B12	y = 102.08x + 121.58	0.71	9.80	B30	y = 120.88x + 4.1246	0.26	8.27
B13	y = 195.45x - 194.16	0.62	5.12	B31	y = 94.088x + 166.23	0.53	10.63
B14	y = 113.29x + 72.157	0.57	8.83	B32	y = 124.71x + 145.6	0.49	8.02
B15	y = 167.84x - 225.45	0.68	5.96	B33	y = 132.68x + 126.7	0.68	7.54
B16	y = 89.218x + 187.33	0.43	11.21	B34	y = 126.57x - 1.869	0.54	7.90
B17	y = 184.06x - 149.49	0.59	5.43	B35	y = 83.625x + 325.48	0.28	11.96
B18	y = 104.32x + 189.46	0.27	9.59	B36	y = 131.21x + 224.84	0.30	7.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.4 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
G1	y = 184.43x + 139.28	0.17	5.42	G35	y = 125.97x + 73.234	0.59	7.94
G2	y = 163.97x - 125.42	0.73	6.10	G36	y = 189.6x - 165.48	0.62	5.27
G3	y = 211.69x - 121.83	0.69	4.72	G37	y = 68.597x + 345	0.17	14.58
G4	y = 171.3x + 29.104	0.38	5.84	G38	y = 115.78x + 897.54	0.37	8.64
G5	y = 134.13x + 12.457	0.68	7.46	G39	y = 78.489x + 204.78	0.34	12.74
G6	y = 61.848x + 507.47	0.21	16.17	G40	y = 122.75x + 65.967	0.57	8.15
G7	y = 75.134x + 296.64	0.38	13.31	G41	y = 124.08x + 117.8	0.62	8.06
G8	y = 130.11x - 113.5	0.77	7.69	G42	y = 96.116x + 258.51	0.65	10.40
G9	y = 189.85x - 143.56	0.56	5.27	G43	y = 25.831x + 983.11	0.04	38.71
G10	y = 96.432x + 294.48	0.49	10.37	G44	y = 122.23x + 296.38	0.34	8.18
G11	y = 102.08x + 268.97	0.38	9.80	G45	y = 105.26x + 396.7	0.27	9.50
G12	y = 82.253x + 327.98	0.39	12.16	G46	y = 78.455x + 321.72	0.44	12.75
G13	y = 88.984x + 379.79	0.28	11.24	G47	y = 118.02x + 196.33	0.34	8.47
G14	y = 17.195x + 643.1	0.02	58.16	G48	y = 4.26x + 862.22	0.00	234.95
G15	y = 136.06x - 19.445	0.53	7.35	G49	y = 91.07x + 130.21	0.34	10.98
G16	y = 81.997x + 347.56	0.45	12.20	G50	y = 39.696x + 615.79	0.09	25.19
G17	y = 43.788x + 508.4	0.27	22.84	G51	y = 158.59x - 239.25	0.64	6.31
G18	y = 25.254x + 546.74	0.05	39.60	G52	y = 59.799x + 404.81	0.22	16.72
G19	y = 139.87x + 172.24	0.48	7.15	G53	y = 103.59x + 367.47	0.37	9.65
G20	y = 114.72x + 117.74	0.50	8.72	G54	y = 73.39x + 468.81	0.31	13.63
G21	y = 124.09x + 168.9	0.56	8.06	G55	y = 105.7x + 182.26	0.33	9.46
G22	y = 164.96x - 61.991	0.74	6.06	G56	y = 137.08x - 44.221	0.56	7.30
G23	y = 126.42x + 155.87	0.47	7.91	G57	y = 61.807x + 338.69	0.44	16.18
G24	y = 129.2x + 118.23	0.57	7.74	G58	y = 52.535x + 527.61	0.13	19.03
G25	y = 82.458x + 278.41	0.32	12.13	G59	y = 135.16x + 218.93	0.36	7.40
G26	y = 131.65x + 240.94	0.28	7.60	G60	y = 95.415x + 215.65	0.37	10.48
G27	y = 75.559x + 397.29	0.34	13.23	G61	y = 212.46x + 134.16	0.64	4.71
G28	y = 86.69x + 341.17	0.41	11.54	G62	y = 30.503x + 608.79	0.13	32.78
G29	y = 88.135x + 289.83	0.48	11.35	G63	y = 144.8x + 110.66	0.31	6.91
G30	y = 147.99x + 63.968	0.61	6.76	G64	y = 115.29x + 240.76	0.08	8.67
G31	y = 153.3x - 36.671	0.61	6.52	G65	y = 101.88x + 120.18	0.46	9.82
G32	y = 178.29x - 122.31	0.53	5.61	G66	y = 69.097x + 350.85	0.20	14.47
G33	y = 72.61x + 621.21	0.16	13.77	G67	y = 80.896x + 312.54	0.07	12.36
G34	y = 101.55x + 485.85	0.31	9.85	G68	y = 50.658x + 336	0.23	19.74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ก.4 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร (ต่อ)

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
G69	y = 89.579x + 738.1	0.19	11.16	G73	y = 58.295x + 439.14	0.14	17.15
G70	y = 31.969x + 463.27	0.11	31.28	G74	y = 41.526x + 533.68	0.19	24.08
G71	y = 183.05x + 0.1046	0.44	5.46	G75	y = 64.468x + 458.83	0.32	15.51
G72	y = 124.77x + 168.46	0.17	8.01	G76	y = 196.04x - 48.883	0.16	5.10

2. สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานแตะของนักเรียน

ตาราง ก.5 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
B1	y = 85.753x + 2254	0.86	11.66	B17	y = 62.457x + 2954.3	0.86	16.01
B2	y = 82.848x + 1775.1	0.86	12.07	B18	y = 81.271x + 1386.1	0.54	12.30
B3	y = 196.41x - 232.55	0.95	5.09	B19	y = 139.05x + 406.15	0.88	7.19
B4	y = 167.79x + 872.29	0.91	5.96	B20	y = 133.22x + 278.83	0.88	7.51
B5	y = 202.94x + 3206.6	0.84	4.93	B21	y = 120.67x + 732.5	0.96	8.29
B6	y =156.23x + 1529.7	0.91	6.40	B22	y = 152.48x + 1453.2	0.95	6.56
B7	y = 83.894x + 1968	0.84	11.92	B23	y = 135.86x + 2510.3	0.73	7.36
B8	y = 111.67x + 2159.3	0.87	8.95	B24	y = 109.53x + 2144.7	0.61	9.13
B9	y = 181.04x + 684.2	0.51	5.52	B25	y = 83.829x + 1067.7	0.79	11.93
B10	y = 83.853x + 2339.6	0.96	11.93	B26	y = 87.633x + 2458.4	0.95	11.41
B11	y = 153.7x + 2195.7	0.81	6.51	B27	y = 162.22x + 177.7	0.75	6.16
B12	y = 93.241x + 2232.4	0.83	10.72	B28	y = 113.03x + 1127.4	0.90	8.85
B13	y = 167.66x - 86.31	0.64	5.96	B29	y = 126.99x + 2357.7	0.82	7.87
B14	y = 199.64x - 67.5	0.98	5.01	B30	y = 47.026x + 370.19	0.81	12.31
B15	y = 51.035x + 3798.9	0.88	19.59	B31	y = 132.83x + 168.13	0.79	7.53
B16	y = 87.666x + 1122.1	0.49	11.41	B32	y = 69.67x + 1268.6	0.95	14.35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN University

ตาราง ก.6 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
G1	y = 19.178x + 2094.4	0.17	52.14	G21	y = 97.871x + 3251.7	0.74	10.22
G2	y = 115.76x + 2857.4	0.59	8.64	G22	y = 139.15x + 1602.6	0.82	7.19
G3	y = 137.87x + 1870.3	0.74	7.25	G23	y = 137.28x + 635.81	0.96	7.28
G4	y = 31.135x + 4377.9	0.42	32.12	G24	y = 49.646x + 3602	0.46	20.14
G5	y = 160.92x + 961.27	0.67	6.21	G25	y = 107.42x + 1603.2	0.79	9.31
G6	y = 37.716x + 2271.6	0.42	26.51	G26	y = 119.16x + 321.36	0.77	8.39
G7	y = 59.98x + 1068.4	0.78	16.67	G27	y = 163.79x + 4895.8	0.62	6.11
G8	y = 89.246x + 3089.5	0.70	11.20	G28	y = 149.16x + 290.25	0.89	6.70
G9	y = 192.02x + 1266.6	0.84	5.21	G29	y = 172.39x - 21.1	0.96	5.80
G10	y = 151.11x + 854.99	0.68	6.62	G30	y = 227.98x + 6716.5	0.75	4.39
G11	y = 179.62x - 425.47	0.95	5.57	G31	y = 150.47x + 2693.7	0.77	6.65
G12	y = 50.257x + 5448.1	0.41	19.90	G32	y = 116.32x + 2665.4	0.74	8.60
G13	y = 64.48x + 4311.7	0.67	15.51	G33	y = 58.735x + 4368.6	0.50	17.03
G14	y = 122.22x + 404.7	0.89	8.18	G34	y = 141.72x + 2948.9	0.82	7.06
G15	y = 51.101x + 3171.1	0.55	19.57	G35	y = 185.09x + 934.1	0.94	5.40
G16	y = 54.255x + 2967.8	0.46	18.43	G36	y = 117.74x + 2255.7	0.75	8.49
G17	y = 146.52x + 1756.5	0.78	6.83	G37	y = 160.86x + 1855.7	0.76	6.22
G18	y = 71.225x + 3600.8	0.58	14.04	G38	y = 106.49x + 2235	0.29	9.39
G19	y = 138.11x + 1521.7	0.69	7.24	G39	y = 125.99x + 3080.9	0.80	7.94
G20	y = 55.785x + 2601.1	0.54	17.93	G40	y = 119.04x + 2179.6	0.72	8.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.7 แสดงสมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^3$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^3$)
B1	y = 136.96x + 994.2	0.90	7.30	B19	y = 145.77x + 529.55	0.82	6.86
B2	y = 59.628x + 2036.1	0.71	16.77	B20	y = 71.524x + 3148.3	0.49	13.98
B3	y = 82.486x + 1419.1	0.83	12.12	B21	y = 70.253x + 806.15	0.88	14.23
B4	y = 76.325x + 1453.1	0.86	13.10	B22	y = 85.022x + 2724.1	0.74	11.76
B5	y = 72.6x + 1773.3	0.73	13.77	B23	y = 118.33x + 1506.1	0.93	8.45
B6	y = 147.07x + 167.25	0.95	6.80	B24	y = 142.39x + 2039.8	0.73	7.02
B7	y = 128.3x + 800.06	0.78	7.79	B25	y = 35.546x + 3918.8	0.33	28.13
B8	y = 92.918x + 1631.5	0.84	10.76	B26	y = 26.18x + 3912	0.28	38.20
B9	y = 128.22x - 374.45	0.94	7.80	B27	y = 147.45x + 68.891	0.97	6.78
B10	y = 124.25x + 1474.5	0.81	8.05	B28	y = 124.71x + 2086.3	0.80	8.02
B11	y = 28.796x + 4106.5	0.30	34.73	B29	y = 114.07x + 617.78	0.83	8.77
B12	y = 43.333x + 3547.1	0.33	23.08	B30	y = 71.149x + 1812.1	0.72	14.06
B13	y = 71.121x + 1735.8	0.91	14.06	B31	y = 114.19x + 34.4	0.97	8.76
B14	y = 158.2x + 1263.8	0.85	6.32	B32	y = 135.89x + 205.75	0.87	7.36
B15	y = 104.92x + 613.4	0.82	9.53	B33	y = 144.65x + 1603.8	0.87	6.91
B16	y = 150.21x + 370.05	0.88	6.66	B34	y = 73.426x + 1558.1	0.75	13.62
B17	y = 160.69x + 248.85	0.94	6.22	B35	y = 122.25x + 328.64	0.88	8.18
B18	y = 134.86x + 38.75	0.84	7.42	B36	y = 63.314x + 1642.4	0.78	15.79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.8 แสดงสมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
G1	y = 21.164x + 1854.6	0.47	47.25	G36	y = 192.79x + 455.65	0.91	5.19
G2	y = 153.92x + 1174.7	0.90	6.50	G37	y = 94.179x + 1142.8	0.90	10.62
G3	y = 152.02x + 1372	0.89	6.58	G38	y = 239.71x + 258.99	0.96	4.17
G4	y = 346.3x - 119.95	0.85	2.89	G39	y = 192.79x + 455.65	0.91	9.20
G5	y = 139.65x + 233.85	0.79	7.16	G40	y = 94.179x + 1142.8	0.90	26.79
G6	y = 79.23x + 2712	0.79	12.62	G41	y = 239.71x + 258.99	0.96	5.59
G7	y = 33.696x + 3640.5	0.47	29.68	G42	y = 108.66x + 2189.8	0.56	5.91
G8	y = 44.932x + 3481	0.55	22.26	G43	y = 37.328x + 3886	0.44	5.51
G9	y = 97.725x + 326.6	0.93	10.23	G44	y = 178.86x + 2453.5	0.43	8.18
G10	y = 40.565x + 3624.8	0.57	24.65	G45	y = 169.21x + 547.62	0.94	9.18
G11	y = 124.27x + 2504.6	0.79	8.05	G46	y = 181.62x + 1337.3	0.90	21.65
G12	y = 99.834x + 3070.7	0.54	10.02	G47	y = 122.23x + 1940.8	0.74	2.87
G13	y = 153.08x + 2167.5	0.77	6.53	G48	y = 108.88x + 4522.8	0.56	6.61
G14	y = 202.64x + 608.6	0.79	4.93	G49	y = 46.187x + 2553.7	0.61	5.85
G15	y = 123.78x + 120.65	0.99	8.08	G50	y = 348.33x + 2387.3	0.74	6.46
G16	y = 148.65x + 389.4	0.87	6.73	G51	y = 151.21x + 3086.5	0.80	7.75
G17	y = 59.466x + 1560.5	0.53	16.82	G52	y = 171x + 1801.1	0.77	8.48
G18	y = 32.989x + 4473.2	0.45	30.31	G53	y = 139.84x + 485.31	0.90	7.15
G19	y = 191.1x + 1694.6	0.83	5.23	G54	y = 124.67x + 1304.6	0.89	8.02
G20	y = 76.397x + 2783.3	0.79	13.09	G55	y = 96.783x + 946.85	0.78	10.33
G21	y = 104.11x + 1443.7	0.74	9.61	G56	y = 120.35x + 1242.1	0.48	8.31
G22	y = 60.232x + 935.9	0.64	16.60	G57	y = 105.28x + 1026.7	0.87	9.50
G23	y = 81.146x + 5464.2	0.55	12.32	G58	y = 254.11x + 770.95	0.94	3.94
G24	y = 122.03x + 1687.2	0.78	8.19	G59	y = 131.56x + 2037.3	0.84	7.60
G25	y = 52.883x + 3747.5	0.42	18.91	G60	y = 82.268x + 2465.8	0.82	12.16
G26	y = 32.635x + 2959.9	0.49	30.64	G61	y = 117.43x + 514.63	0.80	8.52
G27	y = 176.84x + 1363.2	0.89	5.65	G62	y = 106.23x + 463	0.96	9.41
G28	y = 180.85x + 298.85	0.78	5.53	G63	y = 67.793x + 4381.5	0.51	14.75
G29	y = 52.528x + 4945.9	0.26	19.04	G64	ไม่ได้ทำการทดลอง		
G30	y = 88.355x + 2296.9	0.65	11.32	G65	y = 223.19x - 463.3	0.91	4.48
G31	y = 181.23x + 481.35	0.83	5.52	G66	y = 171.77x - 119.05	0.94	5.82
G32	y = 108.76x + 3228.1	0.57	9.19	G67	y = 108.9x - 109.58	0.88	9.18
G33	y = 156.56x - 497.74	0.92	6.39	G68	y = 233.17x + 1299.2	0.90	4.29
G34	y = 186.52x + 2345.4	0.65	5.36	G69	y = 169.39x + 8522.1	0.65	5.90
G35	y = 76.121x + 2397.4	0.89	13.14	G70	y = 54.199x + 3353.9	0.73	18.45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ก.8 แสดงสมการถดถอยเชิงเส้นตรงและค่าสมรรถนะสำหรับงานลากของนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบเหมืองทองคำ (ต่อ)

ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)	ลำดับ	สมการถดถอย	R^2	IP ($x10^{-3}$)
G71	y = 83.698x + 870.64	0.88	11.95	G74	y = 64.586x + 2434.5	0.78	15.48
G72	y = 27.938x + 1373.3	0.76	35.79	G75	y = 86.944x + 3193.5	0.83	11.50
G73	y = 110.36x + 462.48	0.92	9.06	G76	y = 139.44x + 1646	0.88	7.17

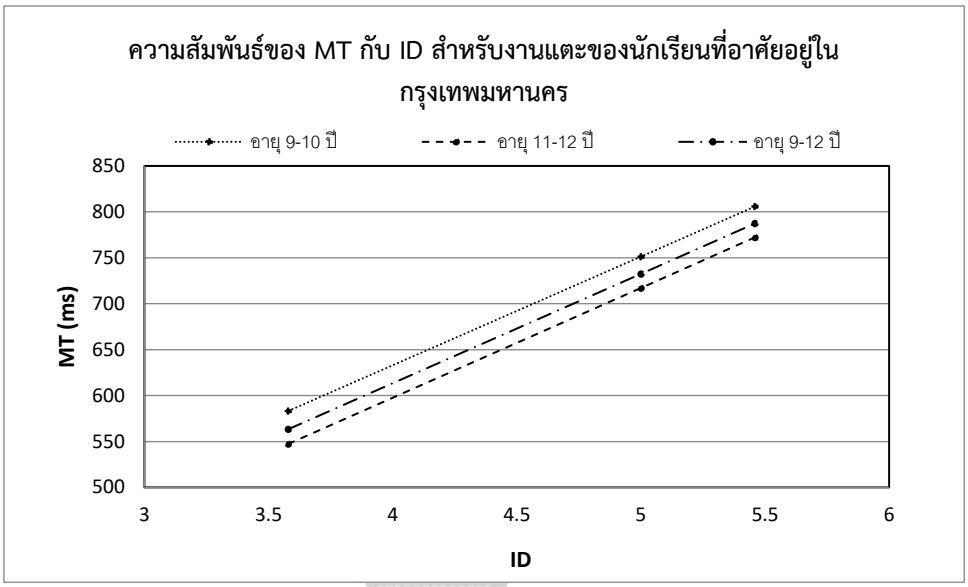
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

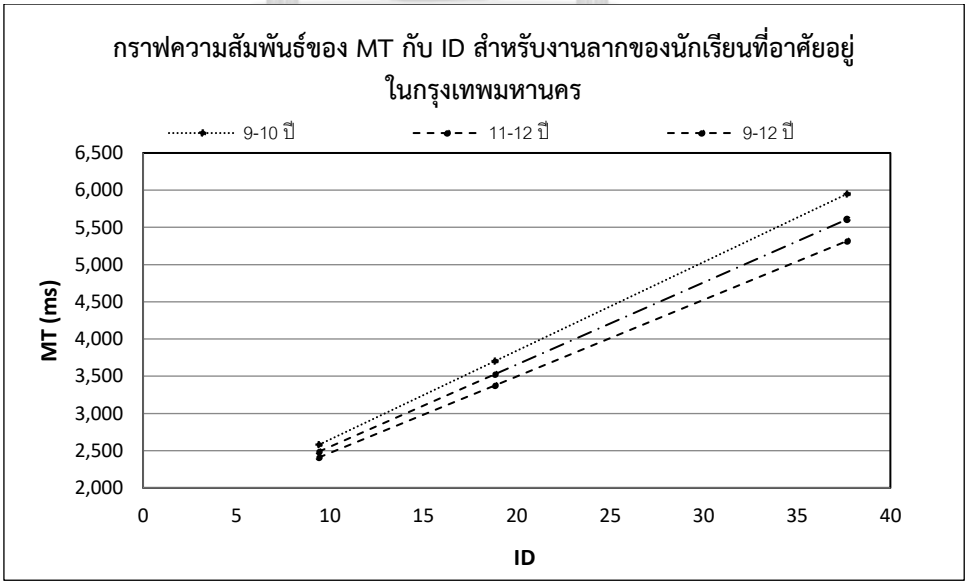
สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยและดัชนีความยากของงานของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงอายุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการทดสอบการเขียนด้วยปากกาดิจิตอลทั้งลักษณะงานแตะและลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุระหว่าง 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าดัชนีความยากของงานจากการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่และดัชนีความยากของงานของนักเรียนช่วงอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี แสดงดังรูปที่ ข.1-ข.2



รูปที่ ข.1 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยและดัชนีความยากของงานสำหรับงานแตะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงอายุ



รูปที่ ข.2 สมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยและดัชนีความยากของงานสำหรับงานลากของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงอายุ

จากรูปที่ ข.1-ข.2 แสดงสมการเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยและดัชนีความยากของงานสำหรับงานแตะและงานลากของนักเรียนในกรุงเทพมหานครในแต่ละช่วงอายุพบว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้นเมื่อดัชนีความยากของงานมีค่ามากขึ้นเป็นผลเช่นเดียวกับความสัมพันธ์ของเวลาในการเคลื่อนที่และดัชนีความยากของงานทั้งการทำงานแบบแตะและลากของนักเรียนแต่ละคนเป็นไปตามทฤษฎีของ Speed and Accuracy Trade off ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความเร็วและความผิดพลาดของการเคลื่อนไหวของมนุษย์เมื่อมีข้อจำกัดของงานที่มีความยากจะทำให้มีความเร็วลดลง และจากการแบ่งช่วงอายุของนักเรียนพบว่า ทั้งการทำงานแตะและงานลากนักเรียนอายุ 9-10 ปี ใช้เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่มากกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี และเวลาเฉลี่ยของนักเรียนอายุ 9-12 ปี อยู่ระหว่างนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ11-12 ปี สำหรับงานแตะของนักเรียนอายุ 9-10 ปี ใช้เวลามากกว่านักเรียนอายุ 11-12 ปี เพียงเล็กน้อยและเส้นความชันของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ11-12 ปี พบว่าเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ 1 กับเวลาเฉลี่ยของดัชนีความยากของงานที่ 3 มีความต่างของเวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกัน สมการเส้นตรงที่เป็นตัวแทนการทำงานแบบแตะของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี ได้แก่ MT = 118.4 (ID) + 159.4 , MT = 119.7 (ID) + 118.8 และ MT = 119.2 (ID) + 136.6 และ ค่า R^2 เท่ากับ 0.537, 0.581 และ 0.551 ตามลำดับ สำหรับงานลากสมการเส้นตรงที่เป็นตัวแทนการทำงานของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครอายุ 9-10 ปี 11-12 ปี และ 9-12 ปี ได้แก่ MT = 119.1 (ID) + 1458, MT = 102.9 (ID) + 1440และ MT = 110.4 (ID) + 1448 และค่า R^2 เท่ากับ 0.716, 0.654 และ 0.673 ตามลำดับ ความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงานที่ 1 ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ11-12 ปี ไม่แตกต่างกันมากแต่ระยะเวลาเฉลี่ยของดัชนีความยากของงานที่ 3 มีความแตกต่างของเวลาของการเคลื่อนที่เฉลี่ยมากกว่าดัชนีความยากของงานที่ 1 กล่าวคือการทำงานลากเมื่อดัชนีมีค่ามากขึ้นพบความต่างของเวลาในการเคลื่อนที่ของนักเรียนอายุ 9-10 ปี และ 11-12 ปี เป็นไปตามพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กว่าเด็กจะมีพัฒนาการกล้ามเนื้อมัดเล็กดีขึ้นตามอายุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
ค่าทางสถิติของฟิตส์และสเตียริงของกลุ่มนักเรียนที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ง.1 ค่าทางสถิติของฟิตส์ของกลุ่มนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (24 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-176.71	939.55	334.05	271.07
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	460.87	1,089.10	694.07	154.19
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	642.30	1,199.32	836.87	137.97
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	673.27	1,235.03	883.12	139.02
	IP	4.88	27.79	12.61	6.91
สารหนู (27 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-176.71	939.55	331.46	279.24
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	460.87	1,089.10	699.93	148.99
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	652.89	1,199.32	846.09	133.61
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	699.92	1,235.03	893.43	136.42
	IP	4.88	26.87	12.67	7.23

ตารางที่ ง.2 ค่าทางสถิติของฟิตส์ของกลุ่มนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (50 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-239.25	983.11	274.62	251.72
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	328.50	1,312.03	639.43	160.27
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	537.05	1,476.44	784.13	164.83
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	596.90	1,529.70	831.01	172.19
	IP	4.71	58.16	13.37	10.02
สารหนู (38 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-143.56	897.54	261.08	235.40
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	446.53	1,312.03	637.89	148.86
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	597.23	1,476.44	787.34	153.77
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	633.33	1,529.70	835.76	160.99
	IP	5.10	58.16	12.64	9.97

ตารางที่ ง.3 ค่าทางสถิติของสเตียริงของกลุ่มนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (24 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-425.47	6,716.50	2,304.83	1,525.46
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	1,266.55	8,864.07	3,492.20	1,531.42
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	2,958.57	11,011.64	4,679.58	1,683.23
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	3,692.74	15,306.79	7,054.33	2,284.48
	IP	4.39	26.51	10.03	5.92
สารหนู (27 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-425.47	6,716.50	2,540.05	1,694.71
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	1,266.55	8,864.07	3,610.45	1,647.90
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	2,455.71	11,011.64	4,680.84	1,757.43
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,817.03	15,306.79	6,821.64	2,328.68
	IP	4.39	52.14	12.79	10.67

ตารางที่ ง.4 ค่าทางสถิติของสเตียริงของกลุ่มนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (50 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-497.74	5,464.20	1,752.51	1,420.63
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	977.06	6,228.60	2,896.96	1,164.70
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	1,899.65	8,949.84	4,041.41	1,277.03
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,426.00	15,512.37	6,330.31	2,233.20
	IP	2.87	47.25	12.50	9.51
สารหนู (38 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-497.74	5,464.20	1,836.12	1,458.00
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	977.06	6,228.60	2,932.38	1,310.05
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	1,899.65	8,949.84	4,028.64	1,461.80
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,426.00	15,512.37	6,221.17	2,338.54
	IP	2.87	47.25	12.74	9.70

ตารางที่ ง.5 ค่าทางสถิติของฟิตส์ของกลุ่มนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (13 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-176.71	939.55	344.281	301.5343
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	154.1895	1089.1	667.1355	198.1987
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	137.9739	1199.32	795.6117	206.4739
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	139.0198	1235.025	836.2959	214.4587
	IP	4.881144	48.98599	14.84114	10.71739
สารหนู (10 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	67.595	670.25	306.7323	213.9384
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	443.3876	743.3321	611.6312	93.59106
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	592.445	818.01	732.5688	74.89173
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	640.7312	881.1038	771.7458	77.41134
	IP	6.76224	48.98599	16.44668	12.9676

ตารางที่ ง.6 ค่าทางสถิติของฟิตส์ของกลุ่มนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (19 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-143.56	862.22	171.4665	256.2122
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	461.5926	877.4576	620.2546	117.1736
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	683.107	993.6	798.2655	92.90992
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	728.1196	1040.313	855.931	94.17152
	IP	5.101	234.9458	20.76424	53.50754
สารหนู (31 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	35.05	83.8	50.43903	14.49387
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	-239.25	983.11	231.3163	280.4864
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	328.5022	1075.585	630.1875	152.9379
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	537.05	1196.46	788.399	145.2497
	IP	596.9006	1294.192	839.6507	150.8193

ตารางที่ ง.7 ค่าทางสถิติของสเตียริงของกลุ่มนักเรียนอายุ 9-10 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (13 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-425.47	6716.5	2580.441	2008.706
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	1266.55	8864.072	3653.26	2116.989
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	1683.233	11011.64	4732.422	2359.168
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2284.478	15306.79	6788.472	3162.592
	IP	4.38635	52.14308	13.08923	11.11727
สารหนู (10 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-119.05	4522.8	2097.447	1360.298
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	1247.17	5548.45	3237.673	1294.586
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	2070.671	6574.099	4377.898	1340.262
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	3205.442	9373.474	6658.35	1709.219
	IP	5.232862	16.60247	9.277579	3.386721

ตารางที่ ง.8 ค่าทางสถิติของสเตียริงของกลุ่มนักเรียนอายุ 11-12 ปี ที่มีดัชนีชี้วัดทางชีวภาพเกินเกณฑ์มาตรฐาน

อายุ	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แมงกานีส (19 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-497.74	5,464.20	1,752.51	1,420.63
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	977.06	6,228.60	2,896.96	1,164.70
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	1,899.65	8,949.84	4,041.41	1,277.03
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,426.00	15,512.37	6,330.31	2,233.20
	IP	2.87	47.25	12.50	9.51
สารหนู (31 คน)	$MT_{ID=0}$ (ms)	-497.74	5,464.20	1,836.12	1,458.00
	$MT_{ID=9.42}$ (ms)	977.06	6,228.60	2,932.38	1,310.05
	$MT_{ID=18.84}$ (ms)	1,899.65	8,949.84	4,028.64	1,461.80
	$MT_{ID=37.68}$ (ms)	2,426.00	15,512.37	6,221.17	2,338.54
	IP	2.87	47.25	12.74	9.70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์สมมติฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอายุของนักเรียน

ตาราง ง.1 การเปรียบเทียบระหว่างช่วงอายุของข้อมูลที่อิสระต่อกันของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครของการทำงานแตะ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	1.428	.237	.905	62	.369	40.56437	44.79890	-48.9874	130.1161
	Equal variances not assumed			.878	50.168	.384	40.56437	46.17512	-52.1734	133.3021
ID1_3.58	Equal variances assumed	.018	.893	1.834	62	.071	35.81744	19.52766	-3.21780	74.85267
	Equal variances not assumed			1.832	57.956	.072	35.81744	19.54767	-3.31212	74.94699
ID2_5.00	Equal variances assumed	.013	.909	1.595	62	.116	33.93448	21.27486	-8.59336	76.46233
	Equal variances not assumed			1.579	55.698	.120	33.93448	21.49662	-9.13357	77.00253
ID3_5.46	Equal variances assumed	.255	.615	1.405	62	.165	33.32446	23.72625	-14.1036	80.75257
	Equal variances not assumed			1.381	53.953	.173	33.32446	24.13110	-15.0564	81.70537
IP	Equal variances assumed	3.279	.075	-.132	62	.895	-.001325	.010043	-.021400	.018751
	Equal variances not assumed			-.127	47.632	.900	-.001325	.010442	-.022324	.019674

ตาราง ง.2 การเปรียบเทียบระหว่างช่วงอายุของข้อมูลที่อิสระต่อกันของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำของการทำงานแตะ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	.852	.358	.683	104	.496	30.12368	44.13632	-57.4003	117.6477
	Equal variances not assumed			.661	69.677	.511	30.12368	45.58293	-60.7960	121.0434
ID1_3.58	Equal variances assumed	.822	.367	1.697	104	.093	32.34435	19.05954	-5.45143	70.14013
	Equal variances not assumed			1.659	71.705	.101	32.34435	19.49499	-6.52094	71.20964
ID2_5.00	Equal variances assumed	.099	.754	1.729	104	.087	33.22526	19.22120	-4.89111	71.34162
	Equal variances not assumed			1.709	74.113	.092	33.22526	19.44325	-5.51529	71.96580
ID3_5.46	Equal variances assumed	.105	.746	1.582	104	.117	33.51053	21.18434	-8.49881	75.51987
	Equal variances not assumed			1.564	74.123	.122	33.51053	21.42812	-9.18476	76.20583
IP	Equal variances assumed	121.302	.000	17.186	104	.000	.1030479	.0059960	.0911576	.1149383
	Equal variances not assumed			12.799	37.001	.000	.1030479	.0080514	.0867341	.1193617

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง ง.3 การเปรียบเทียบระหว่างช่วงอายุของข้อมูลที่อิสระต่อกันของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครของการทำงานลาก

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	.247	.621	-.832	55	.409	-247.168	297.1603	-842.691	348.3541
	Equal variances not assumed			-.817	48.015	.418	-247.168	302.6928	-855.768	361.4313
ID_9.42	Equal variances assumed	.415	.522	.272	55	.786	64.71254	237.6285	-411.506	540.9306
	Equal variances not assumed			.267	47.166	.791	64.71254	242.6430	-423.377	552.8019
ID_18.84	Equal variances assumed	.446	.507	1.834	55	.072	376.5936	205.3635	-34.9640	788.1511
	Equal variances not assumed			1.816	50.752	.075	376.5936	207.4179	-39.8648	793.0519
ID_37.68	Equal variances assumed	5.978	.018	3.887	55	.000	1000.356	257.3312	484.6524	1516.059
	Equal variances not assumed			4.018	52.874	.000	1000.356	248.9920	500.9131	1499.798
IP _	Equal variances assumed	1.960	.167	3.331	55	.002	.0331203	.0099434	.0131933	.0530474
	Equal variances not assumed			3.394	54.930	.001	.0331203	.0097571	.0135661	.0526745

ตาราง ง.4 การเปรียบเทียบระหว่างช่วงอายุของข้อมูลที่อิสระต่อกันของนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำของการทำงานลาก

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	.044	.834	1.417	107	.159	394.9139	278.7241	-157.624	947.4519
	Equal variances not assumed			1.421	73.333	.160	394.9139	277.9308	-158.959	948.7869
ID1_9.42	Equal variances assumed	.397	.530	1.484	107	.141	344.2463	231.9348	-115.538	804.0301
	Equal variances not assumed			1.509	76.137	.135	344.2463	228.1289	-110.099	798.5912
ID2_18.84	Equal variances assumed	1.548	.216	1.316	107	.191	293.5770	223.1400	-148.772	735.9260
	Equal variances not assumed			1.394	85.133	.167	293.5770	210.6278	-125.198	712.3521
ID3_37.68	Equal variances assumed	6.260	.014	.604	107	.547	192.2423	318.5273	-439.201	823.6855
	Equal variances not assumed			.673	96.544	.503	192.2423	285.6191	-374.666	759.1509
IP	Equal variances assumed	1.274	.262	-.509	107	.612	-.005385	.0105857	-.026370	.0155996
	Equal variances not assumed			-.542	86.410	.589	-.005385	.0099358	-.025136	.0143652

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำ

ตาราง ง.5 การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 9-10 ปี ของข้อมูลที่อิสระต่อกันสำหรับการทำงานแตะ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	1.713	.195	2.095	64	.040	115.0258	54.91167	5.32713	224.7245
	Equal variances not assumed			2.144	62.407	.036	115.0258	53.65906	7.77677	222.2748
ID1_3.58	Equal variances assumed	2.732	.103	2.916	64	.005	65.80825	22.56676	20.72597	110.8905
	Equal variances not assumed			3.023	63.680	.004	65.80825	21.76634	22.32078	109.2957
ID2_5.00	Equal variances assumed	.383	.538	1.985	64	.051	46.28635	23.32006	-.300828	92.87353
	Equal variances not assumed			2.015	61.207	.048	46.28635	22.97252	.353109	92.21959
ID3_5.46	Equal variances assumed	.215	.644	1.532	64	.130	39.96231	26.08268	-12.1438	92.06845
	Equal variances not assumed			1.546	60.167	.127	39.96231	25.84584	-11.7341	91.65874
IP	Equal variances assumed	.123	.727	-1.142	64	.258	-.013746	.012037	-.037793	.010300
	Equal variances not assumed			-1.154	60.341	.253	-.013746	.011916	-.037580	.010087

ตาราง ง.6 การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 11-12 ปี ของข้อมูลที่อิสระต่อกันสำหรับการทำงานแตะ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	6.277	.014	3.099	104	.002	129.1816	41.68528	46.51817	211.8451
	Equal variances not assumed			3.453	93.708	.001	129.1816	37.41223	54.89574	203.4675
ID1_3.58	Equal variances assumed	1.555	.215	3.617	104	.000	69.22236	19.14058	31.26588	107.1788
	Equal variances not assumed			3.932	88.483	.000	69.22236	17.60631	34.23619	104.2085
ID2_5.00	Equal variances assumed	.671	.415	2.404	104	.018	45.43960	18.90147	7.957286	82.92192
	Equal variances not assumed			2.545	82.658	.013	45.43960	17.85302	9.928496	80.95071
ID3_5.46	Equal variances assumed	.953	.331	1.842	104	.068	37.73531	20.48076	-2.87881	78.34944
	Equal variances not assumed			1.948	82.348	.055	37.73531	19.37203	-.799384	76.27001
IP	Equal variances assumed	4.827	.030	-1.930	104	.056	-.016752	.0086800	-.033964	.0004611
	Equal variances not assumed			-2.125	91.282	.036	-.016752	.0078814	-.032406	-.001097

ตาราง ง.7 การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 9-12 ปี ของข้อมูลที่อิสระต่อกันสำหรับการทำงานแตะ

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	9.816	.002	3.249	171	.001	107.1458	32.97876	42.04787	172.2436
	Equal variances not assumed			3.533	161.204	.001	107.1458	30.32550	47.25929	167.0322
ID1_3.58	Equal variances assumed	5.807	.017	4.055	171	.000	61.47919	15.16308	31.54827	91.41011
	Equal variances not assumed			4.398	160.388	.000	61.47919	13.97912	33.87231	89.08607
ID2_5.00	Equal variances assumed	2.050	.154	2.817	171	.005	43.36568	15.39405	12.97884	73.75253
	Equal variances not assumed			2.959	148.775	.004	43.36568	14.65626	14.40436	72.32701
ID3_5.46	Equal variances assumed	1.751	.188	2.235	171	.027	37.49791	16.77974	4.375814	70.62000
	Equal variances not assumed			2.333	146.316	.021	37.49791	16.07601	5.726724	69.26909
IP	Equal variances assumed	4.569	.034	-1.824	171	.070	-.012758	.006994	-.026564	.001048
	Equal variances not assumed			-1.941	153.751	.054	-.012758	.006572	-.025742	.000226

ตาราง ง.8 การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 9-10 ปี ของข้อมูลที่อิสระต่อกันสำหรับการทำงานลาก

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	2.506	.118	2.502	65	.015	747.2633	298.6918	150.7347	1343.792
	Equal variances not assumed			2.560	63.401	.013	747.2633	291.8789	164.0620	1330.465
ID_9.42	Equal variances assumed	1.561	.216	2.960	65	.004	698.4882	235.9858	227.1920	1169.784
	Equal variances not assumed			3.030	63.288	.004	698.4882	230.5083	237.8951	1159.081
ID_18.84	Equal variances assumed	1.049	.310	3.167	65	.002	649.7114	205.1651	239.9684	1059.454
	Equal variances not assumed			3.221	64.641	.002	649.7114	201.7225	246.8013	1052.622
ID_37.68	Equal variances assumed	.230	.633	2.020	65	.047	552.1615	273.2981	6.34757	1097.975
	Equal variances not assumed			2.021	63.586	.048	552.1615	273.2378	6.23788	1098.085
IP	Equal variances assumed	.202	.655	-.490	65	.626	-.005193	.0105978	-.026359	.0159718
	Equal variances not assumed			-.494	64.856	.623	-.005193	.0105143	-.026193	.0158061

ตาราง ง.9 การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 11-12 ปี ของข้อมูลที่อิสระต่อกันสำหรับการทำงานลาก

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	1.442	.233	.242	96	.810	74.43874	308.0205	-536.977	685.8545
	Equal variances not assumed			.254	49.024	.800	74.43874	292.5309	-513.417	662.2944
ID_9.42	Equal variances assumed	1.581	.212	1.454	96	.149	374.4599	257.5737	-136.820	885.7396
	Equal variances not assumed			1.560	51.054	.125	374.4599	239.9722	-107.292	856.2118
ID_18.84	Equal variances assumed	3.143	.079	2.718	96	.008	674.4810	248.1452	181.9166	1167.045
	Equal variances not assumed			3.195	63.026	.002	674.4810	211.1107	252.6134	1096.349
ID_37.68	Equal variances assumed	15.851	.000	3.629	96	.000	1274.523	351.1873	577.4220	1971.624
	Equal variances not assumed			5.060	92.432	.000	1274.523	251.8652	774.3283	1774.718
IP	Equal variances assumed	6.600	.012	2.753	96	.007	.0318526	.0115704	.0088856	.0548197
	Equal variances not assumed			3.469	74.929	.001	.0318526	.0091824	.0135600	.0501453

ตาราง ง.10 การเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานครกับนักเรียนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอบเหมืองทองคำอายุ 9-12 ปี ของข้อมูลที่อิสระต่อกันสำหรับการทำงานลาก

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Interception	Equal variances assumed	11.922	.001	4.325	150	.000	982.0258	227.0609	533.3749	1430.677
	Equal variances not assumed			5.361	122.288	.000	982.0258	183.1820	619.4074	1344.644
ID_9.42	Equal variances assumed	14.365	.000	4.825	150	.000	905.9390	187.7409	534.9807	1276.897
	Equal variances not assumed			6.156	130.629	.000	905.9390	147.1521	614.8292	1197.049
ID_18.84	Equal variances assumed	17.043	.000	4.597	150	.000	829.8515	180.5397	473.1222	1186.581
	Equal variances not assumed			5.995	136.700	.000	829.8515	138.4198	556.1305	1103.573
ID_37.68	Equal variances assumed	13.348	.000	2.594	150	.010	677.6781	261.2741	161.4252	1193.931
	Equal variances not assumed			3.291	129.074	.001	677.6781	205.9057	270.2908	1085.065
IP	Equal variances assumed	8.510	.004	-.922	150	.358	-.008086	.0087723	-.025419	.0092475
	Equal variances not assumed			-1.110	114.095	.269	-.008086	.0072820	-.022511	.0063397

ภาคผนวก จ
สมการถดถอยเชิงเส้นตรงของดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณของระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย ต้องมีการตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรง 4 ข้อ ซึ่งเป็นเงื่อนไขเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน (error or residual) ดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0

H_0 : ค่าเฉลี่ยของ error = 0

H_1 : ค่าเฉลี่ยของ error ≠ 0

ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบเงื่อนไขนี้ เป็นจริงเสมอยอมรับ H_0

เงื่อนไขที่ 2 ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_0 : ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_1 : ค่าคลาดเคลื่อนไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

ค่า Sig. > 0.05 จึงยอมรับ H_0

เงื่อนไขที่ 3 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน

H_0 : e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน

H_1 : e_t และ e_{t+1} ไม่เป็นอิสระต่อกัน

ค่า Durbin – Watson มีค่าใกล้ 2 จะถือว่ายอมรับ H_0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เงื่อนไขที่ 4 ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนต้องคงที่

ค่า Standardized Residual อยู่ในช่วง ±2 และมีค่ากระจายแบบสุ่มจึงถือว่าค่าแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนคงที่

1. สมการถดถอยระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของงานแตะ

1.1 ความสัมพันธ์ของความฉลาดทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.00 สำหรับงานแตะ กลุ่มที่ 1

ตารางที่ จ.1 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

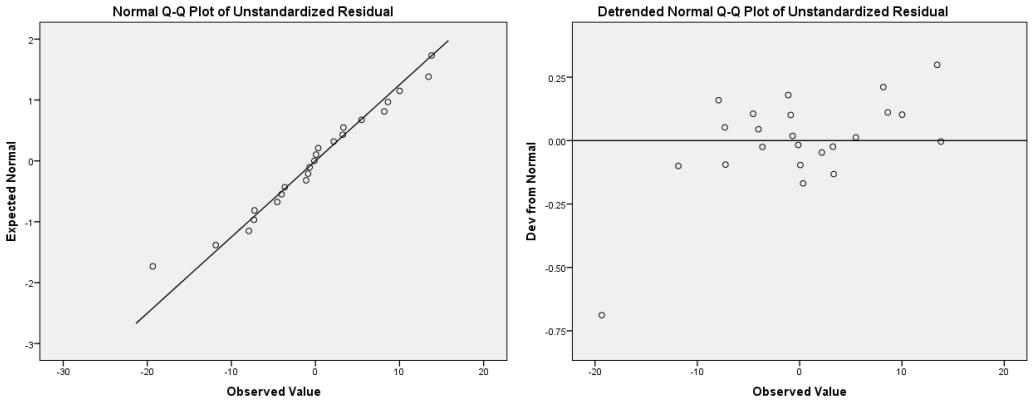
Tests of Normality

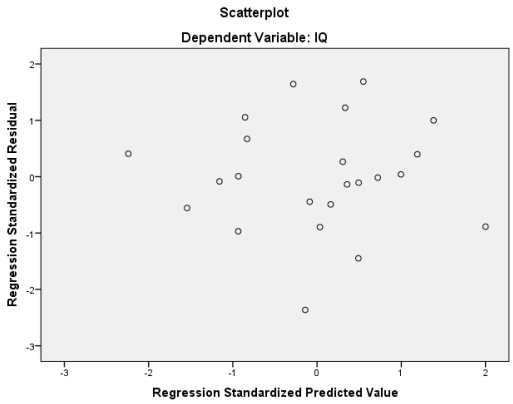
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.097	23	.200*	.977	23	.843

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.1 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





1.2 ความสัมพันธ์ของความฉลาดทางเชาวน์ปัญญากับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 5.46 สำหรับงานแตะ กลุ่มที่ 1

ตารางที่ จ.2 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

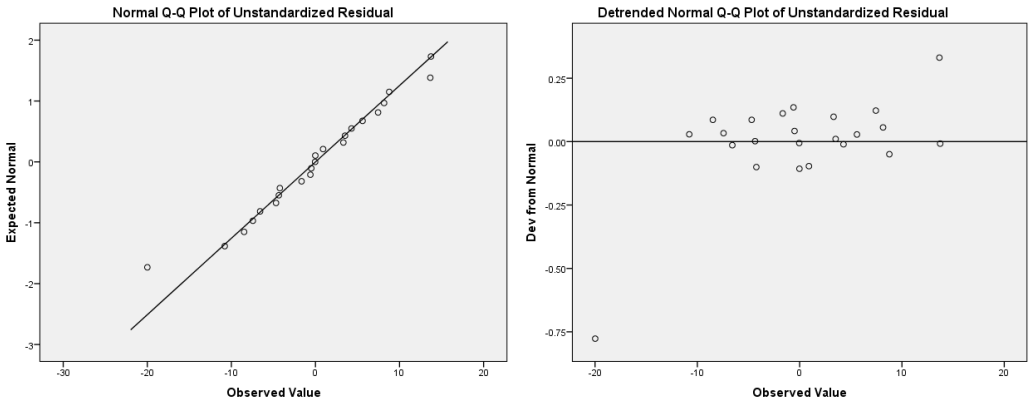
Tests of Normality

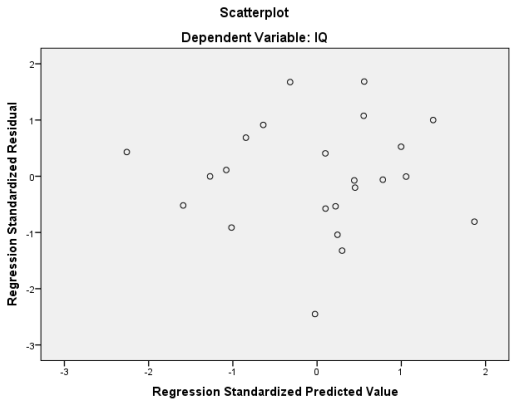
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.079	23	.200*	.977	23	.851

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.2 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





1.3 ความสัมพันธ์ของความฉลาดทางเชาวน์ปัญญากับค่าสมรรถนะ สำหรับงานแตะ กลุ่มที่ 1

ตารางที่ จ.3 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

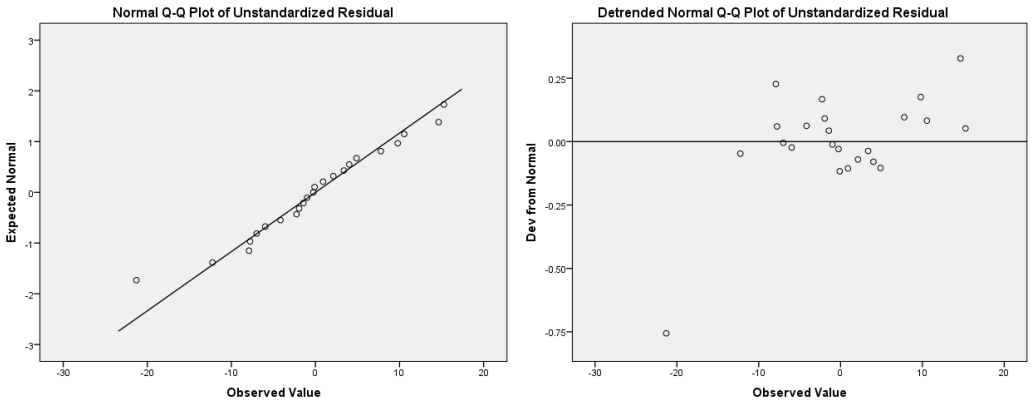
Tests of Normality

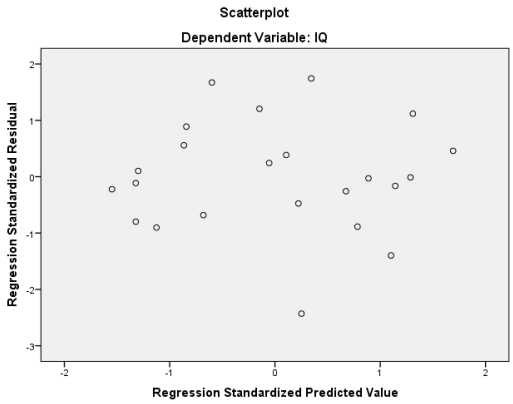
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.092	23	.200*	.976	23	.836

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.3 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





1.4 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะ สำหรับงานแตะ กลุ่มที่ 4

ตารางที่ จ.4 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

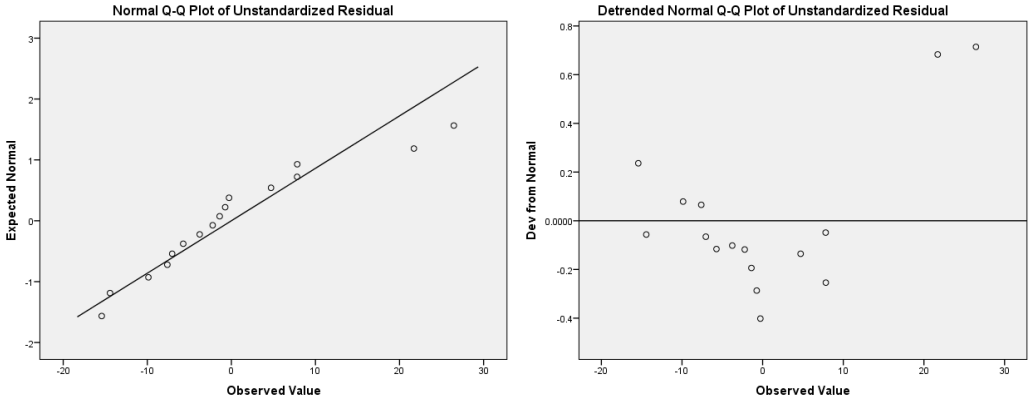
Tests of Normality

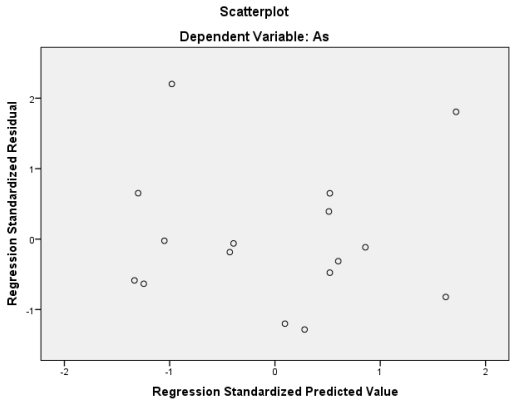
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.197	16	.097	.913	16	.132

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.4 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





2. สมการถดถอยระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ และค่าสมรรถนะกับดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของงานลาก

2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 37.68 สำหรับงานลาก กลุ่มที่ 1

ตารางที่ จ.5 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

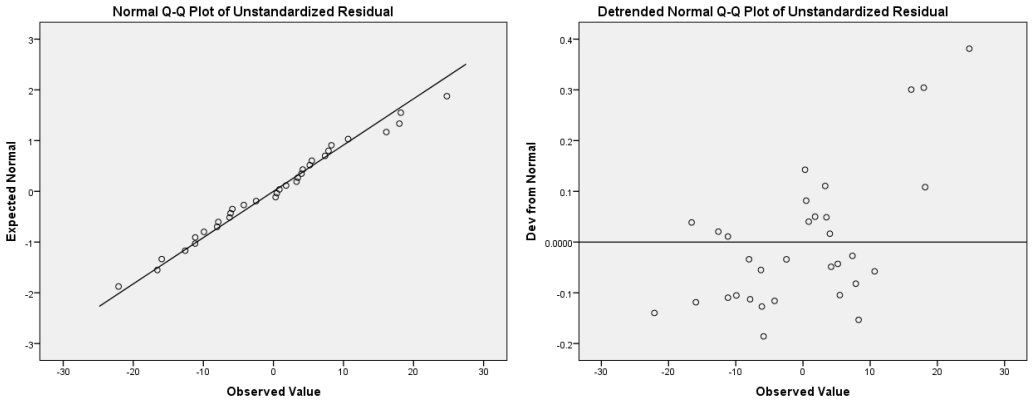
Tests of Normality

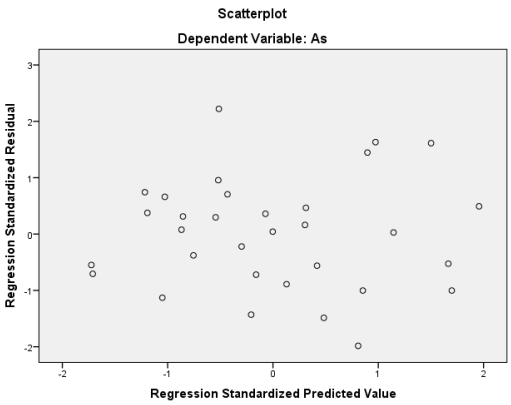
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.079	32	.200*	.986	32	.945

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.5 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





2.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณสารหนูกับค่าสมรรถนะ สำหรับงานลาก กลุ่มที่ 1

ตารางที่ จ.6 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

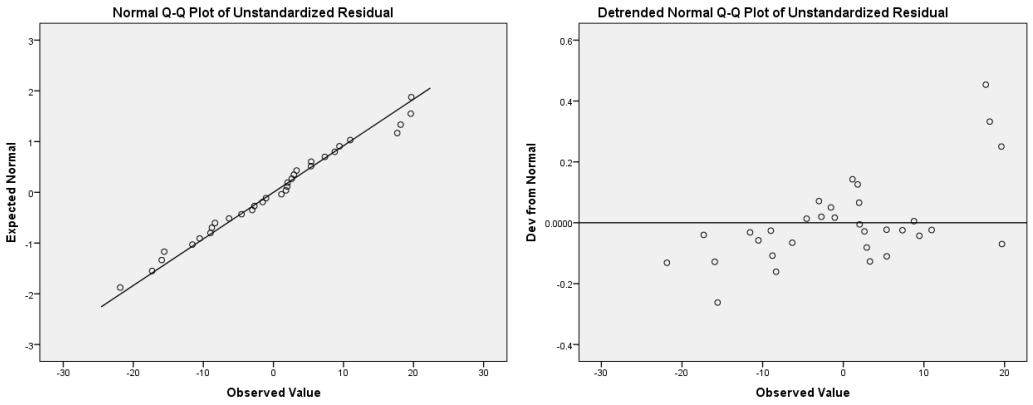
Tests of Normality

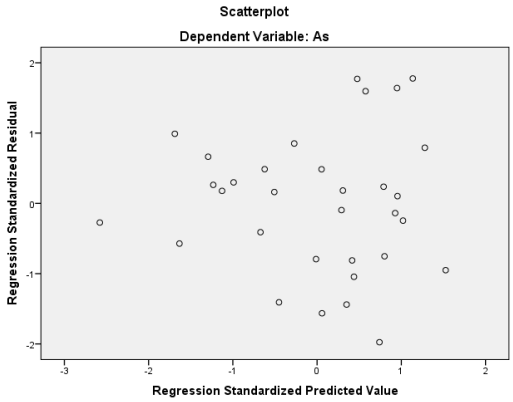
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.073	32	.200*	.976	32	.665

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.6 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





2.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับค่าสมรรถนะ สำหรับงานลาก กลุ่มที่ 3

ตารางที่ จ.7 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

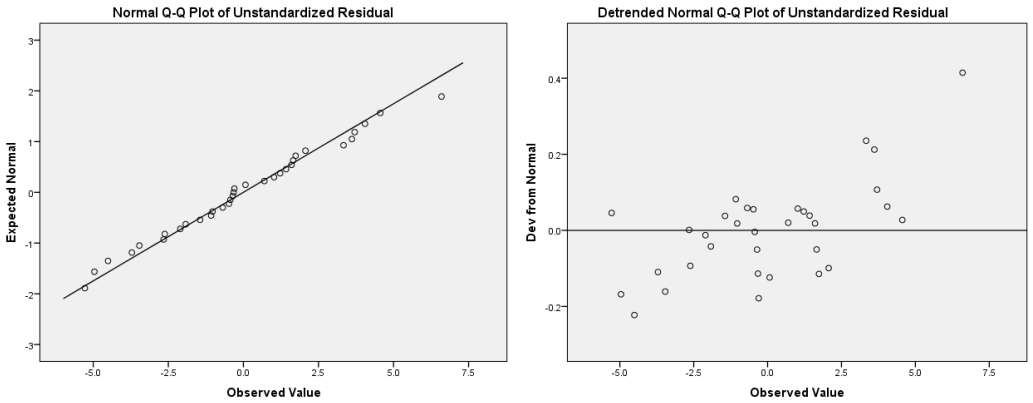
Tests of Normality

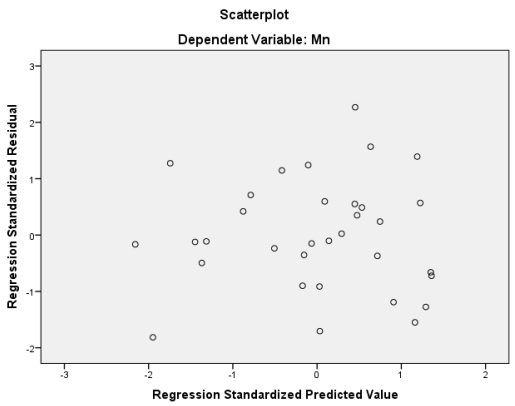
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.087	33	.200*	.985	33	.924

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.7 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





2.4 ความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของจุดตัดแกน Y สำหรับงานลาก กลุ่มที่ 4

ตารางที่ จ.8 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

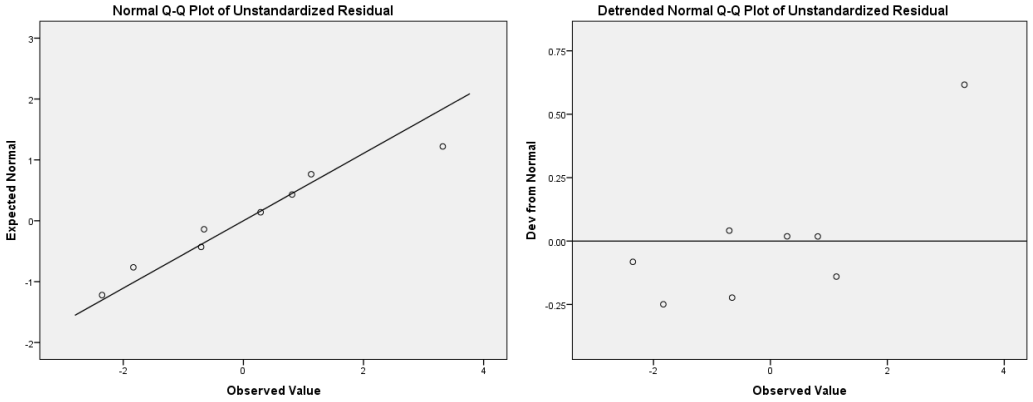
Tests of Normality

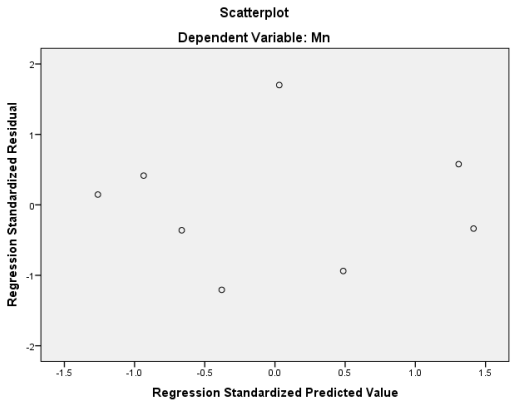
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.142	8	.200*	.961	8	.824

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.8 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





2.5 ความสัมพันธ์ของปริมาณแมงกานีสกับระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของดัชนีความยากของงาน 9.42 สำหรับงานลาก กลุ่มที่ 4

ตารางที่ จ.9 การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน

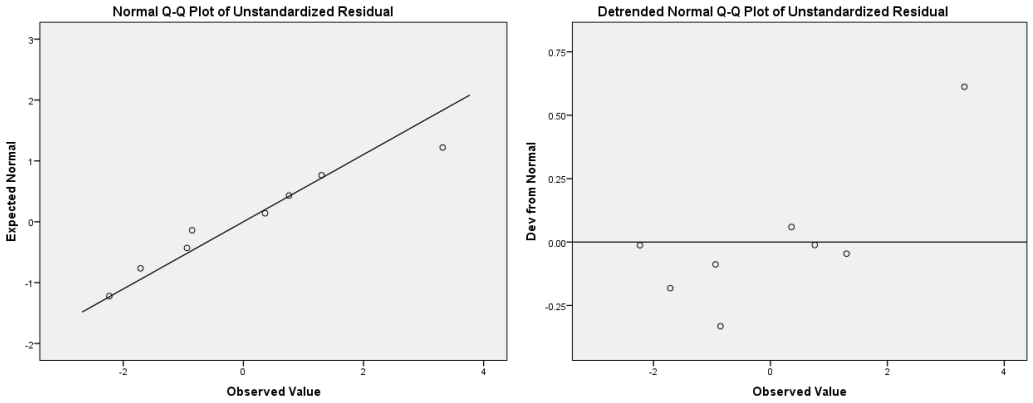
Tests of Normality

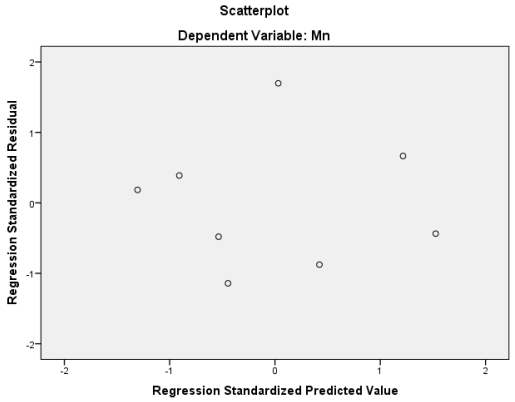
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Unstandardized Residual	.181	8	.200*	.954	8	.751

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

a. Lilliefors Significance Correction

รูปที่ จ.9 ค่าคลาดเคลื่อน e_t และ e_{t+1} เป็นอิสระต่อกัน และ ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน





ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ภาณุพงศ์ ทองประสิทธิ์ เกิดวันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2529 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยาพุทธมณฑล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจากภาควิชาเคมี สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University