Research and Development Journal
Volume 26 Issue 1 January-March 2015

Received 27 October 2014 Accepted 5 January 2015

THE PERFORMANCE EVALUATION WITH FINGER AND DIGITAL PEN USAGE
ON TABLET OF STUDENTS BASE ON FITTS' LAW AND STEERING LAW

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

The Engineering Institute of Thailand
under H.M. The King's Patronage

การประเมินสมรรถนะการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลบนแท็บเลตของเด็กนักเรียน ตามกฎของฟิตส์และกฎของสเตียริง

THE PERFORMANCE EVALUATION WITH FINGER AND DIGITAL PEN USAGE ON TABLET OF STUDENTS BASE ON FITTS' LAW AND STEERING LAW

ภาวรรณ ผิวแดง[1] และไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
E-mail: Pawan.Ph@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กซึ่งได้แก่ มือ และนิ้วมือในปัจจุบันใช้การประเมินในเชิงจิตวิสัย โดยให้เด็กเขียนหรือวาดรูปตามต้นแบบที่กำหนดและพิจารณาว่าเด็กมีความสามารถผ่านเกณฑ์หรือไม่ แต่วิธีการดังกล่าวยังไม่สามารถวัดระดับความสามารถในเชิงปริมาณได้ งานวิจัยนี้ได้ประเมินความสามารถการเขียนและวาดรูปในเชิงปริมาณผ่านการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลบนแท็บเลต มีผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นเด็กนักเรียน อายุ 7-12 ปี จำนวน 100 คน โดยผู้เข้าร่วมการทดลองได้ทดสอบใช้งานแท็บเลต ด้วยงาน 2 ลักษณะคืองานแตะ (Tap) ตามแนวทางกฎของฟิตส์ (Fitts' Law) และงานลาก (Drag) ตามแนวทางกฎของสเตียริง (Steering Law) จากผลการวิจัยพบว่าสมรรถนะการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลบนแท็บเลตของเด็กเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุซึ่งมีความสอดคล้องกับพัฒนาการของเด็ก และได้กำหนดค่ามาตรฐานของสมรรถนะการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลบนแท็บเลตของเด็กปกติ นอกจากนี้ยังได้ทดลองนำไปใช้เปรียบเทียบกับสมรรถนะของเด็กซึ่งมีพัฒนาการช้าและผิดปกติทางร่างกายกับกลุ่มเด็กปกติ

คำสำคัญ: กฎของฟิตส์ , กฎของสเตียริง, ดัชนีความยาก, ค่าสมรรถนะ

ABSTRACT

At present, the capability evaluation of the small muscle usage such as the hands and fingers movement in children, commonly evaluated base on subjective methodology. The subjective testing (using writing and drawing tasks) results as pass or not pass. However, those methods cannot measure as quantitative methodology. This study evaluated the children's quantitative capability of writing and drawing using a finger and a digital pen on the tablet. One hundred participants, aged 7-12 year olds, were tested using the tablet in two types of tasks, as tapping task based on the Fitts' Law and dragging task based on the Steering Law. The experimental results showed that the using performance of a finger and a digital pen on the tablet, increased along with their ages, which is agree with the child development theory. Moreover, a standard of the performance of using fingers and a digital pen on the tablet from normal children was established. Finally applied this method to identify the performance of an autistic child from normal children

KEYWORDS: Fitts' Law, Steering Law, Index of Difficulty, Index of Performance

Pawan Phewdang[1] and Phairoat Ladavichitkul[2]
[1,2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Phyathai Rd., Patumwan, Bangkok 10330

08 71-78.indd 71 20/4/2558 20:56:06

1. บทนำ

พัฒนาการของเด็กนั้นมีหลายด้านไม่ว่าจะเป็นด้านร่างกายหรือด้านสมอง โดยเฉพาะพัฒนาการของกล้ามเนื้อมัดเล็ก เช่น นิ้วมือ และมือ ซึ่งเป็นอวัยวะที่สำคัญต่อการพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆของเด็ก เนื่องจากการศึกษาพัฒนาการของเด็กในปัจจุบันจะเป็นการศึกษาและวิจัยที่สามารถบอกได้เพียงว่าพัฒนาการของเด็กอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำหรือปกติ เช่น การช่วยเหลือตัวเอง การหยิบจับสิ่งของ [1] เขียนตัวอักษรได้ตามแบบที่กำหนดหรือสามารถปิดตาข้างหนึ่งแล้วเขียนหนังสือได้ [2] และพิจารณาว่าเด็กมีความสามารถผ่านเกณฑ์หรือไม่ แต่วิธีการดังกล่าวเป็นการประเมินเชิงคุณภาพแบบจิตวิสัย (Subjective) ซึ่งไม่สามารถวัดระดับความสามารถในเชิงปริมาณได้

การทดสอบความสามารถหรือสมรรถนะการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กของเด็กนั้นสามารถใช้อุปกรณ์ต่าง ๆในการทดสอบ และเนื่องจากแท็บเลตซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีการรับข้อมูลแบบสัมผัส (Touch screen) สามารถใช้นิ้วมือหรือปากกาดิจิตอลในป้อนข้อมูลซึ่งมีลักษณะการทำงานเหมือนกับการเขียนหรือวาดรูปบนกระดาษ และด้วยเหตุนี้จึงได้มีความคิดที่จะนำเอาอุปกรณ์แท็บเลตนี้มาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้เพื่อประเมินสมรรถนะการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลบนแท็บเลตแทนการทดลองบนกระดาษ และได้นำกฎของฟิตส์ (Fitts' Law) และกฎของสเตียริง (Steering Law) มาใช้ในการออกแบบการทดลอง

กฎของฟิตส์รูปแบบของงานแตะ (Tap) เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับระยะทางและขนาดของเป้าหมายแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งระดับความยากของงานหาได้จากการกำหนดเงื่อนไขของระยะห่างจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดเป้าหมายและความกว้างของเป้าหมาย [3] ดังสมการที่ 1

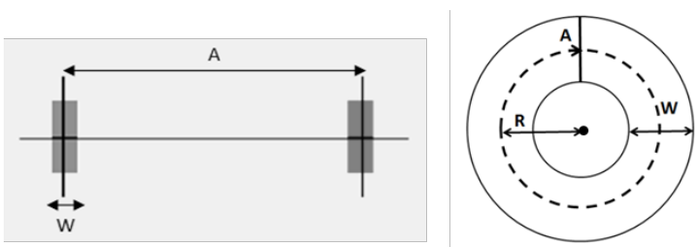
$$ID = log_2(2A/W) \tag{1}$$

โดยที่ ID = ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty)
W = ขนาดความกว้างของเป้าหมายในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (Width)
A = ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดศูนย์กลางเป้าหมาย (Amplitude)

ส่วนกฎของสเตียริงรูปแบบงานลาก (Drag) ซึ่งแทนการเขียนหนังสือหรือการลากโดยเป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับระยะห่างและขนาดของเส้นทางแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งเกิดจากการทดลองขยายขอบเขตกฎของฟิตส์ [4] งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาค่าสมรรถนะของงานลากในรูปแบบเส้นรอบวงกลม [5] ดังนั้นค่าดัชนีความยากจะได้ดังสมการที่ 2

$$ID = \frac{A}{W} \tag{2}$$

โดยที่ ID = ค่าดัชนีความยาก (Index of difficulty)
W = ขนาดความกว้างของขอบเขตในการเคลื่อนที่ (Width)
A = เส้นรอบวงที่แสดงถึงระยะทางการเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 2πR ซึ่ง R คือรัศมีของวงกลม



รูปที่ 1 รูปแบบการเคลื่อนที่ตามกฎของ Fitts' law (ซ้าย) Steering Law (ขวา)

08 71-78.indd 72 20/4/2558 20:56:06

แนวความคิดทั้งสองนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเคลื่อนที่ (Movement time) จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งขึ้นอยู่กับระดับความยากของงาน สามารถหาค่าสมรรถนะหรือค่า Index of Performance (IP) ของการทำงานได้จากสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear regression) ของ MT เทียบกับ ID ดังสมการที่ 3 โดยหาจากส่วนกลับของความชัน (1/b) [6] ที่ได้จากสมการ

$$MT = a + [b \times ID] \quad (3)$$

โดยที่ MT = ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ (Movement time)
ID = ดัชนีความยากของงาน (Index of difficulty)
a และ b = Regression coefficient

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 ผู้เข้าร่วมการทดสอบ

นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–6 ทั้งชายและหญิงจำนวน 100 คน และเด็กออทิสติกจำนวน 1 คน แสดงดังตารางที่ 1

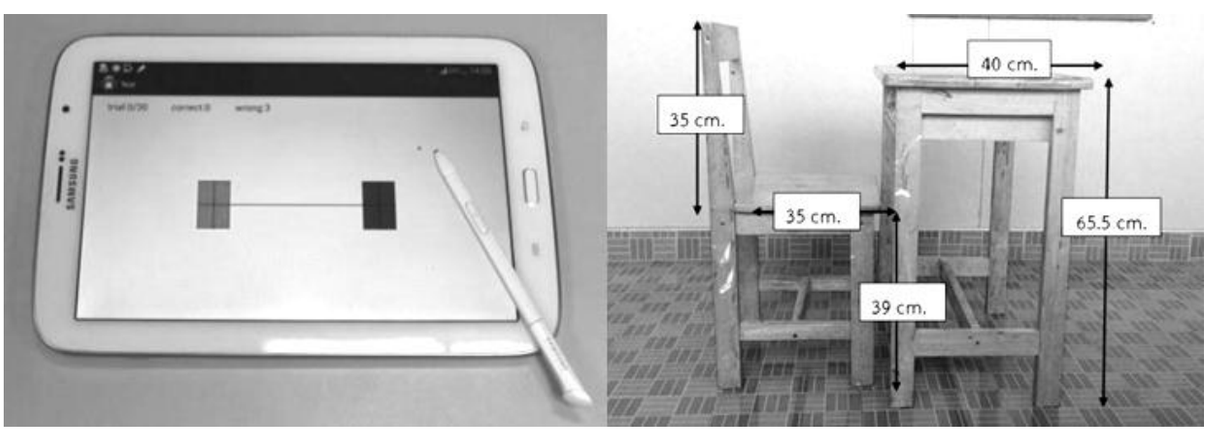
ตารางที่ 1 จำนวนและเพศของเด็กนักเรียนที่เข้าร่วมทดสอบ

กลุ่มที่	ช่วงอายุ (ปี)	ชาย(คน)	หญิง(คน)	รวม (คน)
1	7–8	18	16	34
2	9–10	18	16	34
3	11–12	12	20	32
เด็กออทิสติก	10	1	-	1

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

2.2.1 แท็บเลต Samsung Galaxy Note 8 (ขนาด 210.8x135.9x8 mm. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกาดิจิตอล 5.5 mm.) ผลิตปี ค.ศ. 2013 แสดงดังรูปที่ 2

1.1.2 ชุดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับผู้ถูกทดสอบแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โปรแกรมฟิตส์บน Samsung Galaxy Note 8 (ซ้าย) ชุดโต๊ะและเก้าอี้สำหรับผู้ถูกทดสอบ (ขวา)

08 71-78.indd 73 20/4/2558 20:56:06

2.3 เงื่อนไขการทดลองตามดัชนีความยากของงาน

กำหนดเงื่อนไขการทดลองตามดัชนีความยากของงานแบ่งเป็น 5 ระดับในแต่ละโปรแกรม แสดงดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการทดลองโดยโปรแกรมฟิตส์มีดัชนีความยาก 5 ระดับ

Condition	Fitts' law (Finger)					Fitts' law (Digital pen)				
	W		A		ID	W		A		ID
	(pixel)	(mm.)	(pixel)	(mm.)		(pixel)	(mm.)	(pixel)	(mm.)	
1	100	13	400	54	3.00	100	13	400	54	3.00
2	100	13	600	80	3.58	100	13	600	80	3.58
3	50	6	500	67	4.32	50	6	500	67	4.32
4	50	6	800	107	5.00	50	6	800	107	5.00
5	50	6	1000	134	5.32	30	3	1000	134	6.06

ตารางที่ 3 เงื่อนไขการทดลองโดยโปรแกรมสเตียริงมีดัชนีความยาก 5 ระดับ

Condition	Steering law (Finger)					Steering law (Digital pen)				
	W		R		ID	W		R		ID
	(pixel)	(mm.)	(pixel)	(mm.)		(pixel)	(mm.)	(pixel)	(mm.)	
1	100	13	150	20	9.42	100	13	150	20	9.42
2	100	13	200	25	12.56	100	13	200	25	12.56
3	100	13	300	40	18.84	100	13	300	40	18.84
4	70	10	300	40	26.91	50	6	300	40	37.68
5	70	10	350	47	31.40	50	6	350	47	43.96

จากตารางที่ 2 แสดงค่าของปัจจัยที่กำหนดในงานแตะทำให้ได้ค่าดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 3.00-6.06 ซึ่งได้จากสมการตามกฎของฟิตส์ และตารางที่ 3 แสดงค่าปัจจัยที่กำหนดในงานลากทำให้ได้ค่าดัชนีความยากอยู่ระหว่าง 9.42-43.96 ซึ่งได้จากสมการตามแนวทางของกฎสเตียริง โดยมีค่าความกว้างของเป้าหมาย (W) ระยะทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดเป้าหมาย (A) และรัศมีของวงกลม (R) แสดงทั้งค่าพิกเซลและมิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง

3. วิธีการเก็บข้อมูล

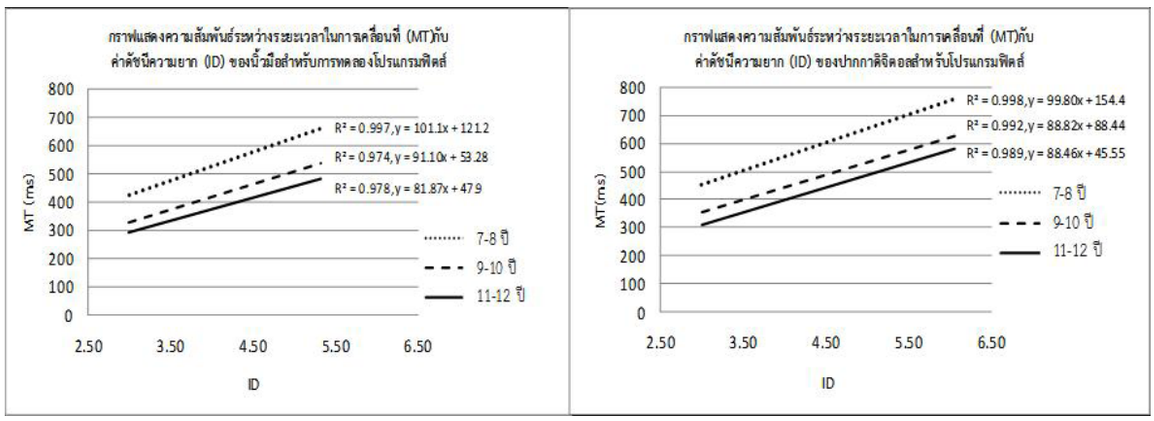
กำหนดท่าทางการทดสอบ ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งทำการทดสอบในท่าทางที่ถนัด โดยมีลักษณะเหมือนกับการวาดภาพหรือการเขียนหนังสือ ก่อนการทดสอบให้ผู้ถูกทดสอบฝึกปฏิบัติ (Training) เพื่อให้เกิดความคุ้นชินกับการใช้โปรแกรมใน หรือจนกว่าจะเกิดความชำนาญโดยค่าเวลาในการเคลื่อนที่อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state) โดยเริ่มต้นจากงานแตะกำหนดให้ใช้ปากกาดิจิตอลและนิ้วมือเพื่อแตะตำแหน่งบนเป้าหมายจำนวน 20 ครั้งต่อระดับความยาก และให้ผู้ทดสอบมีเวลาพักเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นทดสอบด้วยงานลาก กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบใช้ปากกาดิจิตอลและนิ้วมือลากเส้นจากรูปทรงกลมไปตามเส้นทางที่กำหนดจำนวน 10 รอบต่อระดับความยาก แสดงดังรูปที่ 3

08 71-78.indd 74 20/4/2558 20:56:06

รูปที่ 3 ผู้เข้าร่วมการทดสอบทำการทดสอบโดยใช้นิ้วมือ (ซ้าย) และใช้ปากกาดิจิตอล (ขวา)

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

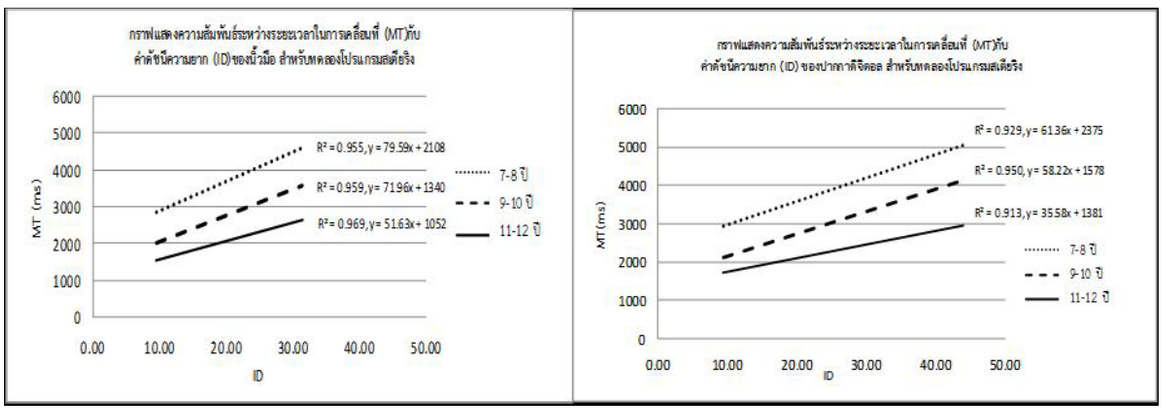
จากการทดสอบระหว่างเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาในแต่ช่วงอายุ ได้ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาในการเคลื่อนที่และค่าดัชนีความยากของงาน โดยนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างระยะเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของเด็กในแต่ละช่วงอายุกับค่าดัชนีความยากของงานซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงสำหรับงานแตะแสดงดังรูปที่ 4 และงานลากแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่ (MT) เฉลี่ยของเด็กในแต่ละกลุ่มกับค่าดัชนีความยาก (ID) ของนิ้วมือ (ซ้าย) และปากกกาดิจิตอล (ขวา) สำหรับการทดสอบในงานแตะโดยใช้โปรแกรมฟิตส์

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าระดับความยากของงานและความเร็วในการเคลื่อนที่มีแนวโน้มไปในแนวทางเดียวกัน เมื่อระดับความยากของงานเพิ่มขึ้นทำให้เวลาในการเคลื่อนที่มีค่ามากขึ้นด้วย จากการทดลองด้วยโปรแกรมฟิตส์หรืองานแตะ กลุ่มผู้ถูกทดสอบทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างของเวลาในการเคลื่อนที่อย่างเห็นได้ชัดโดยที่ กลุ่มอายุ 7–8 ปี มีค่าของเวลาในการเคลื่อนที่มากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มอายุ 9–10 ปี และกลุ่มอายุ 11–12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด โดยมีค่า R^2 สูงกว่า 0.97 ทุกช่วงอายุ แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงที่สูง

08 71-78.indd 75 20/4/2558 20:56:07

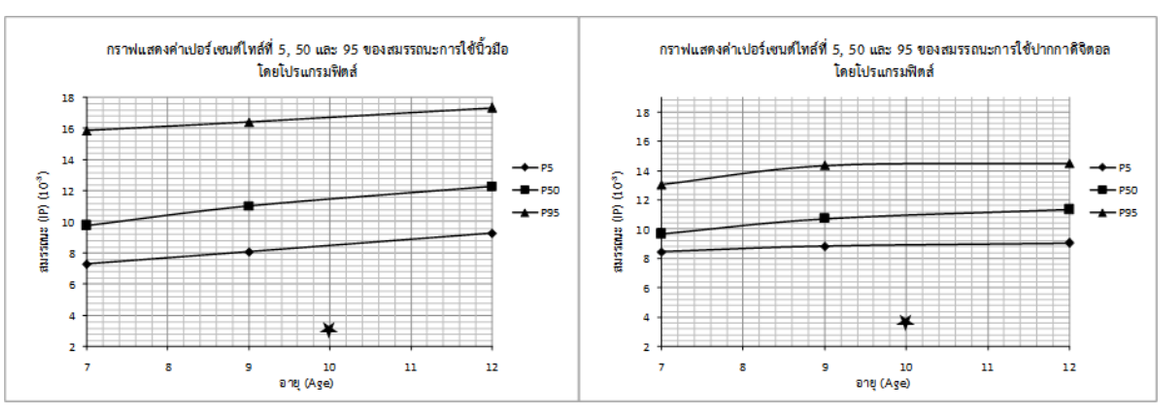


รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเคลื่อนที่ (MT) เฉลี่ยของเด็กในแต่ละกลุ่มกับค่าดัชนีความยาก (ID) ของนิ้วมือ (ซ้าย) และปากกกาดิจิตอล (ขวา) สำหรับการทดลองในงานลากสัมผัสโดยใช้โปรแกรมสเตียริง

จากรูปที่ 5 เช่นเดียวกับผลการทดสอบด้วยโปรแกรมฟิตส์ คือผลการทดสอบด้วยโปรแกรมสเตียริงหรืองานลาก กลุ่มผู้ถูกทดสอบทั้ง 3 กลุ่มมีความแตกต่างของเวลาในการเคลื่อนที่ โดยที่กลุ่มอายุ 7-8 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่สูงที่สุด รองลงมาคือ

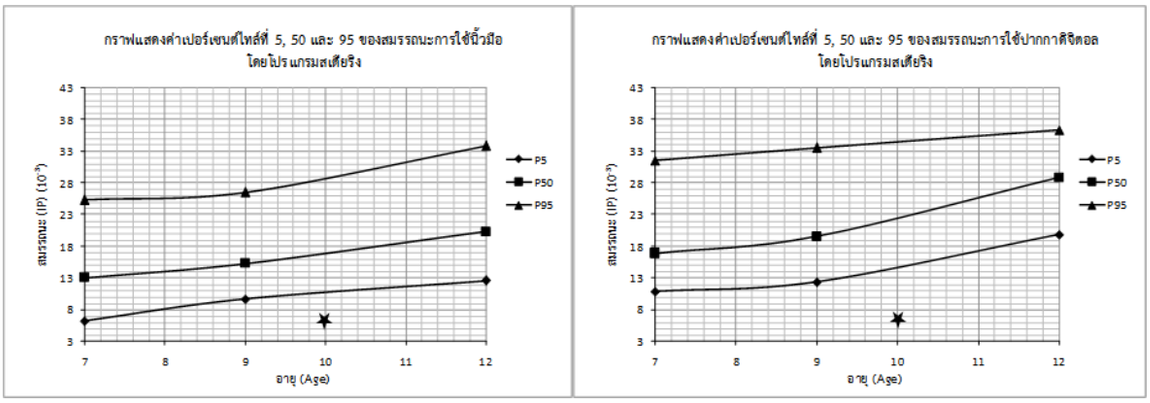
กลุ่มอายุ 9-10 ปี และกลุ่มอายุ 11-12 ปี ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด โดยมีค่า R^2 สูงกว่า 0.91 ทุกช่วงอายุ แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงที่สูง แต่น้อยกว่าการทดสอบด้วยโปรแกรมฟิตส์

จากรูปแบบสมการเส้นตรงที่ได้สามารถนำมาหาค่าสมรรถนะหรือค่า Index of Performance ของการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลของเด็กในช่วงอายุต่าง ๆ โดยหาจากส่วนกลับของความชันของกราฟ (1/b) และค่าสมรรถนะที่ได้ยังสามารถนำมาสร้างกราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสมรรถนะของเด็กในแต่ละกลุ่มประชากรเปรียบเทียบกับอายุ นอกจากนี้ได้นำวิธีการทดลองไปประยุกต์ใช้ทดสอบกับเด็กออทิสติก ซึ่งได้รับการวินิจฉัยจาก รองศาสตราจารย์ นพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ ว่ามีความผิดปกติทางร่างกาย โดยมีอาการสมาธิสั้น มีความผิดปกติทางการได้ยิน และมีระดับสติปัญญาค่อนข้างต่ำ โดยมีผลการประเมินสมรรถนะเปรียบเทียบกับมาตรฐานของเด็กปกติสำหรับงานแตะแสดงดังรูปที่ 6 และงานลากแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสมรรถนะ (Index Performance) ของเด็กในแต่ละกลุ่มกับอายุ โดยใช้นิ้วมือ (ซ้าย) และปากกาดิจิตอล (ขวา) สำหรับการทดลองในงานแตะ (Tap) โดยใช้โปรแกรมฟิตส์

08 71-78.indd 76 20/4/2558 20:56:07



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสมรรถนะ (Index Performance) ของเด็กในแต่ละกลุ่มกับอายุ โดยใช้นิ้วมือ (ซ้าย) และปากกาดิจิตอล (ขวา) สำหรับการทดสอบงานลาก (Drag) โดยใช้โปรแกรมสเตียริง

★= เด็กออทิสติกที่เข้าร่วมการทดสอบ 1 คน

จากรูปที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ถูกทดสอบทั้ง 3 กลุ่มมีสมรรถนะที่แตกต่างกันโดยกลุ่มอายุ 11–12 ปี มีสมรรถนะสูงที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มอายุ 9–10 ปี และกลุ่มอายุ 7–8 ปี มีสมรรถนะต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาสมรรถนะของเด็กออทิสติก พบว่ามีสมรรถนะต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของเด็กกลุ่มประชากรในช่วงอายุเดียวกัน

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบความสามารถหรือสมรรถนะการทำงานของเด็กนักเรียนในช่วงอายุต่าง ๆ ทั้งงานแตะและงานลากด้วยการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลบนแท็บเลต ซึ่งได้แสดงเป็นค่าสมรรถนะของเด็กในเชิงปริมาณพบว่าเด็กนักเรียนมีสมรรถนะในการใช้นิ้วมือและปากกาดิจิตอลสูงขึ้นตามช่วงอายุ โดยแตกต่างจากการทดสอบในเชิงจิตวิสัยที่ไม่สามารถประเมินผลในเชิงปริมาณได้ นอกจากนี้ผลการทดสอบยังถูกนำไปใช้กำหนดค่ามาตรฐานการประเมินสมรรถนะการใช้นิ้วมือและการใช้ปากกาดิจิตอลบนแท็บเลต เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับพัฒนาการของเด็ก และอาจถูกนำไปใช้เปรียบเทียบและวินิจฉัยโรคในเด็กพัฒนาการช้า ประเมินผลการฝึกหรือทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยด้านกล้ามเนื้อมือและนิ้วมือ และเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงในการวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง สำหรับงานวิจัยในอนาคตอาจจะลดจำนวนระดับของดัชนีความยากและปริมาณการทำซ้ำลงเพื่อลดเวลาในการทดสอบลง เนื่องจากผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นเด็กซึ่งมีความอดทนในการทดสอบค่อนข้างต่ำหากต้องใช้เวลาในการทดสอบนาน และเพื่อให้การทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นจึงควรเพิ่มจำนวนกลุ่มจำนวนประชากรให้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการทดลองจากโรงเรียนบ้านสระหลวง โรงเรียนบ้านบ่อสำราญ และโรงเรียนบ้านทุ่งดินดำ จังหวัดสุพรรณบุรี และรองศาสตราจารย์ นพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ หัวหน้าศูนย์วิจัยเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยและป้องกันการบาดเจ็บในเด็ก โรงพยาบาลรามาธิบดี

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันราชานุกูล กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือส่งเสริมพัฒนาการเด็กอายุ 4–5 ปี, 2554, หน้า 16.

[2] พยอม อิงคตานุวัฒน์. จิตวิยาพัฒนาการเด็ก. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ, 2524, หน้า 28–37.

[3] Mackenzie, I. S. (1992). Fitts' Law as a Research and Design Tool in Human–Computer Interaction. Human–Computer Interaction 7, 97–104.

08 71-78.indd 77 20/4/2558 20:56:07

[4] Zhai, S. & Woltjer, R. (2003). Human Movement Performance in Relation to Path Constraint The Law of Steering in Locomotion. Proceedings of the IEEE Virtual Reality, 823-856.

[5] Zhou, X. & Ren, X. (2008). Effect of Start Position on Human Performance in Steering Tasks. International Conference on Computer Science and Software Engineering, 1098-1101.

[6] Hourcade, J. P. & Berkel, T. R. (2008). Simple pen interaction performance of young and older adults using handheld computers. Interacting with Computers 20, 166-183.

08 71-78.indd 78 20/4/2558 20:56:07