การควบคุมรถเข็นผู้พิการด้วยการเคลื่อนไหวนิ้วมือร่วมกับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

Wheelchair Controlled with the Combination of Finger Movements and Electromyography

เทพทวี ทองเต็มแก้ว [1] รุจิพรรณ สัมปันณา [2] และ วิชชากร เฮงศรีธวัช[3]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ rujipan.s@bu.ac.th,
[3] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนออุปกรณ์ควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการเพื่อช่วยเหลือผู้ที่มีความผิดปกติทางร่างกายท่อนล่างและผู้ป่วยติดเตียง ที่ยังสามารถใช้อวัยวะส่วนมือและนิ้วได้ โดยการประมวลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino R3 จากเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ซึ่งติดตั้งที่บริเวณนิ้วมือร่วมกับการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าบริเวณกล้ามเนื้อแขน ผลทดสอบการควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการด้วยนิ้วมือทั้ง 5 นิ้ว แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การควบคุมโดยการขยับทีละนิ้วและการควบคุมด้วยการขยับเป็นชุดรหัสนิ้วมือ รวมถึงการควบคุมจากคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยการขยับแขน 5 รูปแบบ ประสิทธิผลการควบคุมจากคุณลักษณะการทดสอบ 5 เหตุการณ์ของผู้ทดสอบ 4 คนในจำนวน 50 ครั้งต่อเหตุการณ์ แสดงให้เห็นความถูกต้องแม่นยำของการควบคุมโดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของผู้ทดสอบทุกคนคิดเป็นร้อยละ 95.40

คำสำคัญ: การควบคุมด้วยนิ้วมือ เฟล็กซ์เซ็นเซอร์ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ รถเข็นสำหรับผู้พิการ

Abstract

This article presents a wheelchair control device to assist people with lower extremity and bedridden patients that can also use the organs of the hands and fingers. By processing the signal with the Arduino R3 microcontroller from the flex sensor mounted on the finger together with the electrocardiogram in the arm muscle. Wheelchair control test results with 5 fingers, it is divided into 2 types, control by moving one finger at a time and control by moving a set of finger codes including control from muscle electrical signals by moving the arm in 5 patterns. The control effectiveness based on the 5 event test features of 4 testers in 50 times per event showed the accuracy of the controls with an average accuracy of all testers of 95.40 percent.

Keywords: Finger control, Flex sensor, Electromyography, Wheelchair

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้ป่วยที่มีอาการเป็นอัมพาตครึ่งท่อน เนื่องจากการบาดเจ็บของไขสันหลัง รวมถึงผู้ป่วยติดเตียง ผู้พิการที่ไม่สามารถขยับร่างกายได้ต้องใช้รถเข็น และผู้สูงอายุที่ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิดมีจำนวนมากขึ้น ทำให้ช่วงหลายปีที่ผ่านมามีความพยายามสร้างเครื่องมือหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในรูปแบบต่างๆ ตามลักษณะของอาการป่วย โดยเฉพาะอุปกรณ์สำหรับเคลื่อนย้ายร่างกาย เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถช่วยเหลือตัวเองได้บ้างโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาคนอื่น และสามารถทำกิจกรรมต่างๆ ภายในหรือภายนอกที่พักอาศัยได้ตามลำพัง

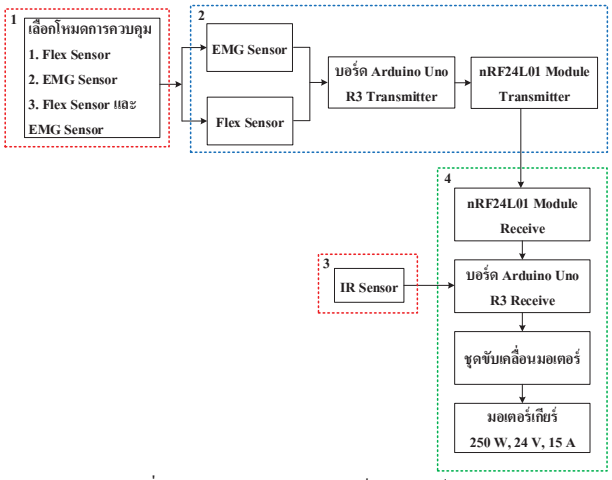
บทความนี้จึงนำเสนออุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกด้วยเทคโนโลยีเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ (Flex Sensor) [1,2] และเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG Sensor) [3,4] โดยนำมาประยุกต์ใช้สำหรับรถเข็นสำหรับผู้พิการซึ่งมุ่นเน้นในการพัฒนาการควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการให้มีฟังก์ชันในการควบคุมรถเข็นที่หลากหลายและมีความปลอดภัยมากขึ้น โดยการประมวลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งประสิทธิภาพการควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการด้วยการขยับนิ้วมือและการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแขน จะถูกทดสอบโดยแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การทดสอบการควบคุมรถเข็นด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์, 2) การทดสอบการควบคุมรถเข็นด้วยเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและ 3) การทดสอบการควบคุมรถเข็นด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

2. การออกแบบระบบควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการ

2.1 แผนภาพการทำงานของระบบ

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบมี 2 ชุด คือ เฟล็กซ์เซ็นเซอร์และเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยมีแผนภาพระบบควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการ ดังรูปที่ 1 ซึ่งกล่องหมายเลข 1 คือ สวิตช์ปุ่มกดสำหรับเลือกฟังก์ชันการทำงานของระบบรถเข็นสำหรับผู้พิการโดยจะประกอบไปด้วย 3 โหมด คือ 1) โหมดการควบคุมด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ 2) โหมดการควบคุมด้วยเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและ 3) โหมดการควบคุมด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

กล่องหมายเลข 2 คือ ฟังก์ชันการใช้เฟล็กซ์เซ็นเซอร์และเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยทำหน้าที่ประมวลผลค่าความต้านทานที่เฟล็กซ์เซ็นเซอร์และเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจำแนกเป็นชุดคำสั่งเพื่อการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็นสำหรับผู้พิการ และส่งค่าผ่านตัวส่งสัญญาณไร้สายด้วยความถี่ 2.4 GHz (Transmitter Module) จากบอร์ด Arduino ภาคส่งไปยังตัวรับสัญญาณ (Receiver Module) บนบอร์ด Arduino ภาครับ



รูปที่ 1 แผนภาพระบบควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการ

กล่องหมายเลข 3 คือ ฟังก์ชันระบบความปลอดภัยซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุด้วยเซ็นเซอร์อินฟาเรด (IR Sensor) และส่งค่าไปยังบอร์ด Arduino ภาครับเพื่อเป็นการตัดระบบการทำงานของมอเตอร์เมื่อเจอวัตถุตัดหน้าหรือสิ่งของขวางหน้า

กล่องหมายเลข 4 คือ ฟังก์ชันในส่วนของภาคกำลังโดยส่วนนี้จะรับสัญญาณจากบอร์ด Arduino ภาคส่งและเซ็นเซอร์อินฟาเรด โดยจะทำการประมวลผลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์

2.2 การควบคุมด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์

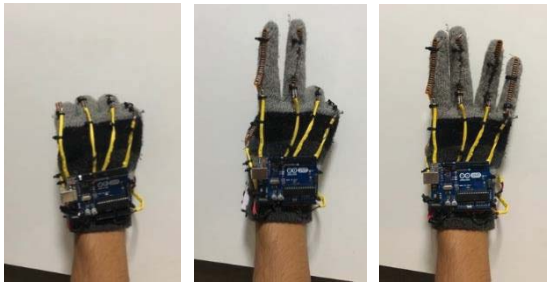
การทดสอบจะใช้การขยับข้อต่อนิ้วมือเพื่อสร้างการโค้งงอของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์โดยติดตั้งบริเวณนิ้วทั้ง 5 บนถุงมือดังรูปที่ 2 เพื่อให้ผู้ใช้งานสวมใส่สะดวกและง่ายต่อการควบคุมและพกพาติดตัวตลอดเวลา [1,2] ซึ่งค่าความต้านทานของเฟล็กซ์เซ็นเซอร์จะเปลี่ยนแปลงตามพื้นผิวของวัตถุที่ติดตั้ง โดยความต้านทานจะมีค่าต่ำเมื่อเฟล็กซ์เซ็นเซอร์อยู่ในระนาบเส้นตรงและมีค่าสูงขึ้นเมื่อเฟล็กซ์เซ็นเซอร์มีการโค้งงอ

รูปที่ 2 การติดตั้งเฟล็กซ์เซ็นเซอร์

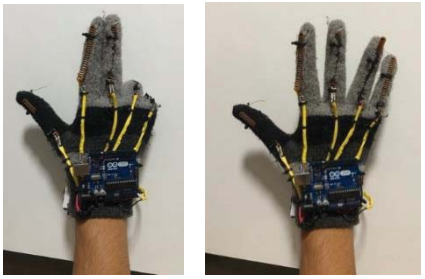
การทดสอบกำหนดให้ผู้ใช้งานสวมถุงมือด้านขวา จากนั้นควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่รถเข็นโดยการขยับนิ้วมือตามเงื่อนไขซึ่งแบ่งการควบคุมจากนิ้วทั้ง 5 เป็น 5 สถานะ คือ สถานะหยุด เดินหน้า เดินไปทางด้านขวา เดินไปทางด้านซ้าย และเดินถอยหลัง โดยได้ออกแบบการขยับนิ้วมือเป็น 2 รูปแบบ เพื่อความแม่นยำ คือ การขยับนิ้วมือโดยใช้รหัสนิ้วมือสื่อสารและการขยับนิ้วมือครั้งละหนึ่งนิ้ว ดังตารางที่ 1 รวมถึงลักษณะการติดตั้งเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ดังรูปที่ 3

ตารางที่ 1 สถานะการควบคุมด้วยการขยับนิ้วมือ

สถานะการควบคุม	การใช้รหัสนิ้วมือ	การขยับนิ้วมือครั้งละหนึ่งนิ้ว
หยุด	กำมือหรือนิ้วทั้งหมดงอ	
เดินหน้า	นิ้วชี้กับนิ้วกลาง กางออก	นิ้วชี้กางออก
เดินไปทางด้านขวา	นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อย กางออก	นิ้วก้อยกางออก
เดินไปทางด้านซ้าย	นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วโป้ง กางออก	นิ้วโป้งกางออก
เดินถอยหลัง	กางนิ้วมือทั้งหมด	



(ก) (ข) (ค)

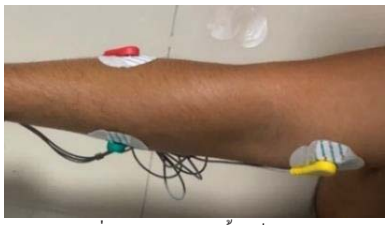


(ง) (จ)

รูปที่ 3 ควบคุมด้วยการใช้รหัสนิ้วมือ
(ก) หยุด (ข) เดินหน้า (ค) เดินไปทางด้านขวา
(ง) เดินไปทางด้านซ้าย (จ) เดินถอยหลัง

2.3 การควบคุมด้วยเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

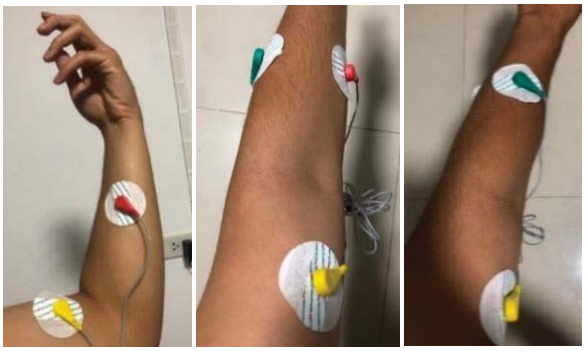
เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วยอิเล็กโทรดบริเวณกล้ามเนื้อแขนดังรูปที่ 4 อิเล็กโทรดสำหรับการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อใช้ทั้งหมด 3 ตัวติดบริเวณต้นแขนหนึ่งจุดบริเวณหน้าแขนหนึ่งจุดและบริเวณหลังแขน โดยทั้งสามจุดเป็นจุดที่สามารถตรวจจับคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้โครงงานนี้ [3,4] สำหรับสถานะการควบคุมรถเข็นผู้พิการด้วยเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อกำหนดไว้ตามตารางที่ 2 โดยมีลักษณะการขยับแขนดังรูปที่ 5



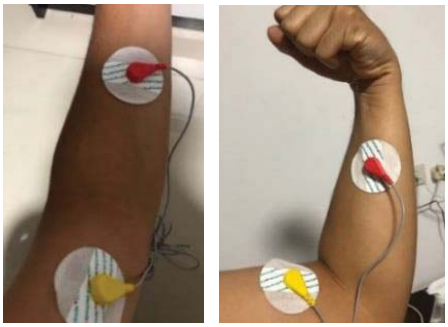
รูปที่ 4 บริเวณการติดตั้งอิเล็กโทรด

ตารางที่ 2 สถานะการควบคุมด้วยการขยับแขน

สถานะการควบคุม	การขยับกล้ามเนื้อแขน
หยุด	ยกแขนขึ้นตั้งฉาก
เดินหน้า	ยื่นแขนไปข้างหน้า
เดินไปทางด้านขวา	บิดแขนทิศตามเข็มนาฬิกา
เดินไปทางด้านซ้าย	บิดแขนทิศทวนเข็มนาฬิกา
เดินถอยหลัง	ยกแขนขึ้นตั้งฉากและเกร็งกล้ามเนื้อ



(ก) (ข) (ค)



(ง) (จ)

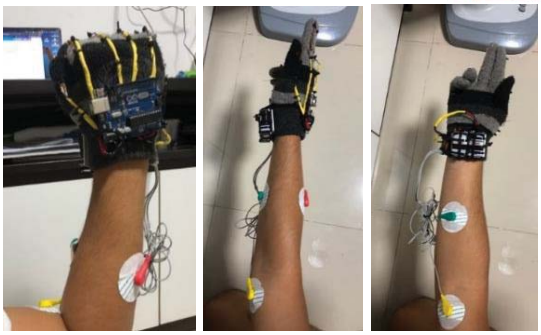
รูปที่ 5 การควบคุมด้วยการขยับกล้ามเนื้อแขน
(ก) หยุด (ข) เดินหน้า (ค) เดินไปทางด้านขวา
(ง) เดินไปทางด้านซ้าย (จ) เดินถอยหลัง

2.4 การควบคุมด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์และเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

การควบคุมกรณีนี้จะกำหนดการควบคุมขยับนิ้วมือและแขนพร้อมกันดังตารางที่ 3 โดยมีลักษณะการขยับนิ้วมือและแขนตามรูปที่ 6

ตารางที่ 3 สถานะการควบคุมด้วยการขยับนิ้วมือและการขยับกล้ามเนื้อแขน

สถานะการควบคุม	การขยับนิ้วมือและกล้ามเนื้อแขน
หยุด	กำมือและยกแขนขึ้นตั้งฉาก
เดินหน้า	กางนิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วโป้งและยื่นแขนไปข้างหน้า
เดินไปทางด้านขวา	กางนิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วโป้งและบิดแขนทิศตามเข็มนาฬิกา
เดินไปทางด้านซ้าย	กางนิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วโป้งและบิดแขนทิศทวนเข็มนาฬิกา
เดินถอยหลัง	กำมือและหักเข้าหาตนเอง



(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ)

รูปที่ 6 การควบคุมด้วยการขยับนิ้วมือและการขยับกล้ามเนื้อแขน
(ก) หยุด (ข) เดินหน้า (ค) เดินไปทางด้านขวา
(ง) เดินไปทางด้านซ้าย (จ) เดินถอยหลัง

3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

การควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็นผู้พิการ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การทดสอบการควบคุมรถเข็นด้วยเฟล็กซ์เซ็นเซอร์, 2) การทดสอบการควบคุมรถเข็นด้วยเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ และ 3) การทดสอบการควบคุมรถเข็นด้วย เฟล็กซ์เซ็นเซอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เพื่อหาความแม่นยำในการบังคับรถเข็นไปในทิศทางที่กำหนดรวมถึงความสามารถในการหยุดรถได้โดยอัตโนมัติเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง โดยทำการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง จากผู้ทดสอบ 4 คน เป็นเพศชาย 3 คน และเพศหญิง 1 คน ซึ่งมีเงื่อนไขของน้ำหนักบุคคลไม่เกิน 80 กิโลกรัม สูงไม่เกิน 170 ซม. รวมถึงความเร็วรถไม่เกิน 3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงโครงสร้างส่วนประกอบของรถในรูปที่ 7 และลักษณะการนั่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถดังรูปที่ 8

รูปที่ 7 โครงสร้างส่วนประกอบของรถเข็นผู้พิการ

รูปที่ 8 ลักษณะการนั่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็นผู้พิการ

3.1 การทดสอบหาระยะทำงานของเซ็นเซอร์อินฟาเรด

ผลการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ในช่วงระยะ 10-60 ซม. เพื่อหาระยะปลอดภัยในการหยุดรถผู้พิการเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง แสดงดังตารางที่ 4 โดยทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้งต่อเหตุการณ์ ทำให้เห็นว่าระยะเหมาะสมสำหรับกำหนดให้เซ็นเซอร์ทำงานอยู่ที่ 50 ซม. โดยค่าความผิดพลาดในการตรวจจับวัตถุเกิดจากสภาพแวดล้อมภายใน/นอกอาคาร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์

ระยะเซ็นเซอร์ห่างจากวัตถุ	ความแม่นยำ
< 10 ซม.	93.33 %
< 20 ซม.	93.33 %
< 30 ซม.	100.00 %
< 40 ซม.	100.00 %
< 50 ซม.	100.00 %
< 60 ซม.	86.67 %

3.2 การทดสอบเฟล็กซ์เซ็นเซอร์

ผลการทดสอบจากการขยับนิ้วมือทีละนิ้วและการขยับเป็นชุดรหัสนิ้ว แสดงไว้ในตารางที่ 5 ซึ่งจากคอลัมน์ A และ B แสดงให้เห็นว่าการควบคุมโดยชุดรหัสนิ้วมือมีความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 88.10 % (B) ซึ่งสูงกว่าการควบคุมโดยการขยับทีละนิ้วที่มีความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 76.50 % (A) ของทุกตัวอย่างผู้ทดสอบ

ตารางที่ 5 ผลทดสอบการควบคุมรถเข็นผู้พิการ

สถานะการควบคุม	ความแม่นยำเฉลี่ย (%)			
	A	B	C	D
หยุด	93.50	97.50	96.50	97.50
เดินหน้า	73.00	86.50	89.50	93.50
เลี้ยวซ้าย	68.00	78.00	81.50	92.00
เลี้ยวขวา	54.00	82.50	87.00	96.00
ถอยหลัง	94.00	96.00	95.50	98.00
ค่าเฉลี่ย	**76.50**	**88.10**	**90.00**	**95.40**

3.3 การทดสอบเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ผลการทดสอบโดยการนั่งบังคับรถเข็นผู้พิการไปในทิศทางตามเงื่อนไขด้วยเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแสดงไว้ตามตารางที่ 5 คอลัมน์ C โดยมีความแม่นยำของระบบเฉลี่ยที่ค่า 90.0 %

3.4 การทดสอบเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ผลทดสอบโดยใช้เฟล็กซ์เซ็นเซอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แสดงไว้ตามตารางที่ 5 คอลัมน์ D ซึ่งมีความแม่นยำ 95.40 %

4. สรุปผลการทดสอบ

จากการนำเทคโนโลยีเฟล็กซ์เซ็นเซอร์และการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มาประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมรถเข็นสำหรับผู้พิการซึ่งมุ่นเน้นการพัฒนาให้มีฟังก์ชันในการควบคุมที่หลากหลายและมีความปลอดภัยมากขึ้น ด้วยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ช่วยประมวลผลเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยมีรูปแบบของการควบคุมทั้งจากการขยับนิ้วมือและการขยับแขน พบว่าการใช้เฟล็กซ์เซ็นเซอร์ร่วมกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มีความถูกต้องแม่นยำของการควบคุมสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของผู้ทดสอบทุกคนคิดเป็นร้อยละ 95.40 ทั้งนี้แนวทางการดำเนินงานต่อยอด สามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับสัญญาณชีวการแพทย์อื่น ๆ อาทิ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง สัญญาณไฟฟ้าจากการเคลื่อนไหวดวงตา และสัญญาณจากการกระพริบตา เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

[1] J. A. Sandoval-Bringas, M. Carreño-León, M. A. Espiritu, O. J. López-Martínez, M. A. Sandoval-Carreño and J. J. Hernández Alonso, “Design of a Multifunctional Electronic Module Adaptable to a Motorized Wheelchair for People with Motor Disabilities,” in *Proc. The International Conference on Inclusive Technologies and Education*, 30 October-1 November 2019, pp. 201-2013.

[2] P. Dhepekar and Y. G. Adhav, "Wireless robotic hand for remote operations using flex sensor," *Proc. International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)*, 2016, pp. 114-118.

[3] Z. Alibhai, T. Burreson, M. Stiller, I. Ahmad, M. Huber and A. Clark, “A Human-Computer Interface for Smart Wheelchair Control Using Forearm EMG Signals,” *Proc. The 3rd International Conference on Data Intelligence and Security*, 24-26 June 2020, pp. 34-39.

[4] R. Hardiansyah, A. Ainurrohmah, Y. Aniroh and F. H. Tyas., “The Electric Wheelchair Control using Electromyography Sensor of Arm Muscle,” *Proc. The International Conference on Information & Communication Technology and Systems*, 12 October 2016, pp. 129-134.