



แนวโน้มและความท้าทายของระบบสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬา

Information System for Sport Training: Trends and Challenges

ณัฐพล คุ่มใหญ่โต วท.ม. (Nattapon kumyaito, M.S.)¹

ไกรศักดิ์ เกษร Ph.D. (Kraisak Kesorn, Ph.D.)²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการฝึกซ้อมกีฬามีการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาร่วมกับองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมากขึ้น เพื่อส่งเสริมกระบวนการต่างๆ ในการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬา อันได้แก่ การวางแผนการฝึกซ้อมล่วงหน้า การบันทึกและติดตามผลการฝึกซ้อม การประเมินผลการแข่งขัน และการปรับปรุงรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อลดจุดอ่อนของนักกีฬา เป็นต้น แต่เนื่องจากนักกีฬาประเภทหนาท้องใช้เวลาฝึกซ้อมที่ยาวนานมากกว่านักกีฬาทั่วไป การควบคุมปริมาณและคุณภาพในการฝึกซ้อมที่ถูกต้องและแม่นยำ จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยในการพัฒนาสมรรถภาพและลดอาการบาดเจ็บของนักกีฬา ทำให้นักวิจัยและภาคธุรกิจต่างๆ ให้ความสนใจในการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาในด้านต่างๆ จนเกิดเป็นอุปกรณ์ ระบบ และบริการรูปแบบใหม่ที่จะช่วยให้การฝึกซ้อมกีฬามีประสิทธิภาพมากขึ้น ในบทความนี้จึงนำเสนอแนวโน้มของงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬา เพื่อสร้างความเข้าใจในภาพรวมและนำเสนอทิศทางการวิจัยและพัฒนาสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: แนวโน้มและความท้าทาย การฝึกซ้อมกีฬา ระบบสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬา การวางแผนการฝึกซ้อมกีฬา

Abstract

Sport training has been integrated with the knowledge of sport that incorporates with information technology to improve training processes including advanced training plan, monitoring physical during workouts, evaluating the result of training sessions, customized training program, and improving training plans to reduce athlete's weaknesses. Since endurance athletes may risk from overtraining, they need a particular system to advise them the effective training program and, thus, this will enhance the athletes' capabilities and lower the risk of injury during the training processes. Therefore, researchers and firms develop new forms of equipment, systems and services to support the effectiveness of the sport training. This article presents a survey of the state-of-the-art of sport training researches that deploy information technology to improve the training quality. We illustrate future trends and challenges in the development of sport training system in the fields of computer science and information technology research areas.

Keywords: Trends Challenges, Sport Training, Information System Sport, Training Planning

¹ นักศึกษาปริญญาเอก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร (Corresponding author)

บทนำ

การออกกำลังกายถือเป็นวิธีการส่งเสริมสุขภาพที่มีประสิทธิภาพสูง โดยการกระตุ้นให้ระบบต่างๆ ของร่างกายได้ทำงานหนักขึ้นกว่าที่เคยทำในกิจวัตรประจำวัน ซึ่งส่งผลให้ร่างกายมีการพัฒนาสมรรถนะด้านต่างๆ เพื่อรองรับการทำงานที่หนักขึ้นได้ ซึ่งผลการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์พบว่า การออกกำลังกายช่วยลดความเสี่ยงในการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคหัวใจ (Farrell et al., 1998) และช่วยลดความดันโลหิต (Fagard, 2006; Cornelissen & Smart, 2013) ได้อีกด้วย แต่การออกกำลังกายนั้นมิได้มีแต่คุณประโยชน์อย่างเดียว ยังอาจก่อให้เกิดโทษแก่ผู้ออกกำลังกาย ซึ่งก็คือเกิดการบาดเจ็บจากสาเหตุต่างๆ เช่น การออกกำลังกายที่เกินกว่าสมรรถภาพร่างกายของตัวเอง การพักผ่อนไม่เพียงพอก่อนออกกำลังกาย เป็นต้น อาการบาดเจ็บต่างๆ เหล่านี้มักส่งผลต่อสภาพร่างกายและจิตใจ ทำให้ไม่สามารถฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม ส่งผลให้มีสภาพร่างกายไม่พร้อมเต็มที่ในวันแข่งขัน จากสาเหตุดังกล่าว การบาดเจ็บจึงเป็นสิ่งที่ต้องพึงระวังไว้เสมอทุกครั้งที่ทำการฝึกซ้อมและแข่งขัน

การฝึกซ้อมในกีฬากีฬาที่ใช้ความทนทานนั้น มักเริ่มจากการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อม โดยประกอบด้วยแบบแผนการฝึกซ้อมลักษณะต่างๆ เพื่อพัฒนาความแข็งแรงและความทนทานของร่างกาย ซึ่งโปรแกรมการฝึกซ้อมมักใช้เวลา 4 สัปดาห์ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการแข่งขัน สมรรถภาพพื้นฐานด้านความทนทาน และการบริหารจัดการเวลาของนักกีฬาแต่ละคน โดยตัวอย่างของโปรแกรมการฝึกซ้อมในตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของรูปแบบการฝึกซ้อมในระยะต่างๆ นักกีฬาต้องพยายามทำให้ได้ตามที่กำหนด ไม่มากหรือน้อยกว่าตารางฝึกซ้อม

เมื่อนักกีฬาฝึกซ้อมตามโปรแกรมไปแล้ว จำเป็นต้องมีการประเมินพัฒนาการของนักกีฬา โดย Banister (1991) ได้พัฒนาโมเดลที่ใช้ประเมินผลการฝึกซ้อม ใช้ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจร่วมกับเวลาที่ฝึกซ้อม คำนวณเป็นภาระของการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง โดยมีแนวคิดว่าเมื่อนักกีฬาฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่องจะเกิดความอ่อนล้า (fatigue) และเกิดการพัฒนสมรรถภาพ (fitness) ควบคู่กัน เมื่อร่างกายพักผ่อน ความอ่อนล้าและสมรรถภาพร่างกายจะลดลง แต่เนื่องจากความอ่อนล้าจะลดลงในอัตราส่วนที่มากกว่าอัตราส่วนการลดลงของสมรรถภาพร่างกาย จึงทำให้เมื่อฝึกซ้อมอย่างเหมาะสมแล้วพักผ่อนอย่างเพียงพอ ร่างกายจะค่อยๆ เพิ่มสมรรถภาพสูงขึ้น ในขณะที่ร่างกายรู้สึกอ่อนล้าเพียงเล็กน้อย (Foster, 1998) ซึ่งโมเดลดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์สมรรถภาพของนักกีฬา (Chalencon et al., 2015) ทำให้นักกีฬาสามารถฝึกซ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เสริมสร้างสมรรถภาพของร่างกายให้แข็งแรง พร้อมลงแข่งขันตามวันเวลาของการแข่งขันที่ตั้งใจเอาไว้ต่อไป

ปัจจุบัน อุปกรณ์สำหรับตรวจจับและบันทึกข้อมูลของนักกีฬาและผู้ออกกำลังกายเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้งานได้สะดวกและจำหน่ายในราคาที่ไม่แพงจนเกินไป ตัวอย่างเช่น นาฬิกาที่สามารถตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจ และ Cyclometer ที่ตรวจจับข้อมูลของนักกีฬาและจักรยาน เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้มีความสามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆ บนบริหารจัดการเก็บข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลไร้สาย ทำให้การบันทึกข้อมูลการฝึกซ้อมกระทำได้อย่างทันทีทันใด (real-time) สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ และวางแผนการฝึกซ้อมได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ตารางที่ 1 ตัวอย่างโปรแกรมฝึกซ้อมกีฬาจักรยานในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ของระยะพื้นฐาน

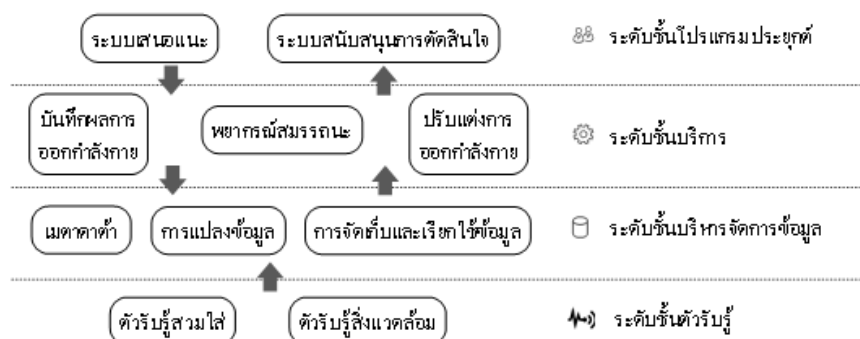
สัปดาห์/วัน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
สัปดาห์ที่ 1 7 ชม.	1 ชม. - อบอุ่นร่างกาย - ทดสอบร่างกาย	หยุด	2 ชม. - ฝึกความทนทาน Hr70%max	หยุด	2 ชม. - ฝึกความทนทาน Hr70%max	หยุด	2 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max 2x15นาที
สัปดาห์ที่ 2 8 ชม.	1 ชม. - ฝึกพื้นฐานภาพ Hr50%max - จัดระเบียบท่าปั่น ให้เหมาะสมที่สุด	หยุด	2.5 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max - หนักสลับพัก 2x20นาที	หยุด	2 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max - หนักสลับพัก 6x(6+4นาที)	หยุด	3 ชม. - ฝึกความทนทาน Hr70%max
สัปดาห์ที่ 3 9 ชม.	1 ชม. - ฝึกพื้นฐานภาพ Hr50%max - จัดระเบียบท่าปั่น ให้เหมาะสมที่สุด	หยุด	2.5 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max 2x12 นาที	หยุด	2.5 ชม. - ฝึกเสมือนแข่งจริง	หยุด	2.5 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max 3x20นาที
สัปดาห์ที่ 4 7 ชม.	หยุด	2 ชม. - ฝึกที่ขีดจำกัด ระดับแอโรบิก Hr90%max 1x15นาที	หยุด	หยุด	2 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max 2x15นาที	หยุด	3 ชม. - ฝึกที่กึ่งหนึ่งของ ขีดจำกัดระดับ แอโรบิก Hr90%max 2x15นาที

แม้ว่าเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น แต่ต้นทุนของการแนะนำและติดตามการฝึกซ้อมกีฬาโดยผู้เชี่ยวชาญกลับมีราคาแพง ผู้วิจัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจึงตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬา เพื่อส่งเสริมให้ผู้ออกกำลังกายอย่างจริงจังหรือหนักกีฬาสัมผัสได้มีโอกาสเข้าถึงการฝึกซ้อมที่มีประสิทธิภาพ ส่งเสริมให้นักกีฬามีพัฒนาการสูงสุด ลดการบาดเจ็บ และประสบผลสำเร็จในการแข่งขันต่อไป โดยเนื้อหาในบทความจะกล่าวถึงหัวข้อต่อไปนี้ องค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบรายละเอียดและงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ สำหรับแนวโน้มและความท้าทายสำหรับนักวิจัยจะกล่าวถึงทิศทางในการวิจัยที่น่าสนใจ และท้ายที่สุดคือบทสรุปเพื่อแสดงถึงภาพรวมของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา

หากพิจารณาถึงการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศในการฝึกซ้อมกีฬาแล้ว จะพบว่ามีองค์ประกอบย่อยต่างๆ ประกอบกัน ตัวอย่างเช่น ระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมในกีฬาจักรยาน เริ่มต้นโดยผู้ที่จะเลือกโปรแกรมการฝึกซ้อมที่เผยแพร่จากเว็บไซต์หรือบริการที่น่าเชื่อถือ เช่น STRAVA (2009) (โมดูลระบบเสนอแนะ) แล้ว โปรแกรมฝึกซ้อมที่ได้เลือกเอาไว้ลงในสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งมือจักรยาน จากนั้นเชื่อมต่อสมาร์ตโฟนกับตัวรับรู้ (sensor) อื่นๆ ได้แก่

ตัวรับรู้อัตราการเต้นของหัวใจที่นักกีฬากำลังสวมใส่ (โมดูลตัวรับรู้สวมใส่) ตัวรับรู้ความถี่ของรอบขาปั่นและความเร็วในการเคลื่อนที่ซึ่งติดตั้งที่ตัวถังจักรยาน (โมดูลตัวรับรู้ลิ่งแวลลอม) ตัวรับรู้กำลังวัตต์ที่นักกีฬาออกแรงซึ่งติดตั้งกับจานปั่นจักรยาน (โมดูลตัวรับรู้ลิ่งแวลลอม) เป็นต้น เมื่อทำการปั่นจักรยาน ตัวรับรู้ต่างๆ จะส่งสัญญาณมาที่สมาร์ตโฟน ซึ่งได้ติดตั้งโมดูลสำหรับแปลงสัญญาณดังกล่าวเป็นชุดข้อมูลตามโครงสร้างที่กำหนดเอาไว้ (โมดูลแปลงข้อมูล) เมื่อจบการปั่นจักรยาน ผู้ใช้จะทำการบันทึกข้อมูลการปั่นจักรยานครั้งนั้น ข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังบริการ STRAVA ซึ่งทำหน้าที่เป็นบริการเก็บข้อมูล (โมดูลบันทึกผลการออกกำลังกาย) และประมวลผลการออกกำลังกาย (โมดูลระบบเสนอแนะ) ซึ่งผลลัพธ์คือข้อเสนอแนะที่จะถูกป้อนกลับมายัง สมาร์ตโฟน เพื่อให้ผู้ใช้พิจารณาเลือกปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการฝึกซ้อมที่เหมาะสมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมต่อไป



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา

ในบทความนี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงเนื้อหาและนำเสนอกรอบแนวคิดที่อ้างอิงกรอบการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจดังในภาพที่ 1 ซึ่งแสดงถึงระดับชั้นต่างๆของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา อันได้แก่ ระดับชั้นของโปรแกรมประยุกต์ (Application layer) ระดับชั้นของบริการต่างๆ (Service layer) ระดับชั้นการบริหารข้อมูล (Data management layer) และระดับชั้นของตัวรับรู้ (Sensor layer)

1. ระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์

โปรแกรมประยุกต์เป็นองค์ประกอบที่ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้มากที่สุด ประกอบด้วยกลุ่มคำสั่งต่างๆ เพื่อสนับสนุนผู้ใช้หรือนักกีฬาให้สามารถฝึกซ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถแบ่งส่วนประกอบในระดับชั้นนี้ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ระบบเสนอแนะ

ระบบเสนอแนะ (Recommender system) คือระบบสารสนเทศที่แนะนำแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ โดยระบบมีลักษณะการทำงานเป็นวนรอบ โดยเริ่มจากผู้ปฏิบัติดำเนินการใดๆ แล้ว ได้ผลลัพธ์เบื้องต้นในระดับหนึ่งแต่ยังมีข้อผิดพลาดสุดท้ายที่ต้องการ ระบบจะเสนอแนะแนวทางการปฏิบัติใหม่ให้กับผู้ปฏิบัติเพื่อให้ผลลัพธ์ของการดำเนินการในรอบต่อไปอยู่ในระดับที่ต้องการ โดยระบบเสนอแนะ moBeat (Van der Vlist, Bartneck, & Maueler, 2011) ซึ่งเป็นระบบเสนอแนะที่ทำงานแบบทันทีทันใด โดยใช้ดนตรีเป็นสื่อกลางในการแนะนำนักกีฬาที่กำลังออกกำลังกายแบบแอโรบิก ซึ่งระบบนี้เปรียบเสมือนโค้ชส่วนตัวที่จะคอยกระตุ้นให้ผู้ใช้เกิดความรู้สึกสนุกสนานควบคู่กับการฝึกซ้อมอย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบจะเล่นดนตรีที่มีจังหวะพื้นฐานเป็นค่าเริ่มต้น เมื่อใดที่อัตราการเต้นของหัวใจหลุดไปจากช่วงที่ต้องการก็จะมีเพลงแทรกจังหวะที่กระตุ้นให้ผู้ใช้มีการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจกลับมาอยู่ในช่วงที่ต้องการ



1.2 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

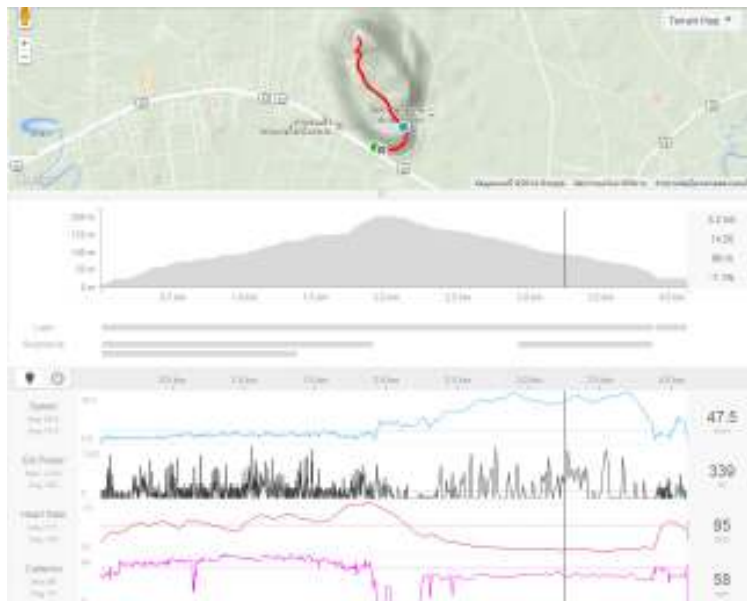
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเป็นระบบที่ช่วยในการนำเสนอทางเลือกในการแก้ไขปัญหาที่สนใจ ทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้นและมีความเสี่ยงน้อยกว่าการไม่ได้ใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจ โดยระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับเลือกนักกีฬาและกลยุทธ์ในการแข่งขันจักรยานประเภทลู่อู่ ในการแข่งขันแบบ Omnium (Ofoghi, Zeleznikow, MacMahon, & Dwyer, 2013) ซึ่งเป็นการแข่งขันที่ประกอบด้วยการแข่งขันย่อยๆ 6 การแข่งขัน ซึ่งนักกีฬาจะได้คะแนนจากผลของการแข่งขันย่อยแต่ละการแข่งขัน ผู้ที่มีคะแนนรวมสูงสุดจะเป็นผู้ชนะ จากรูปแบบการแข่งขันดังกล่าวทำให้นักกีฬาในประเภทนี้ต้องมีความแข็งแกร่งและความทนทานควบคู่กัน ซึ่งผู้วิจัยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผลของการวิจัยนี้ช่วยให้การเลือกใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันที่มีดีขึ้น และยังมีส่วนซึ่งเพิ่มเติมว่านักกีฬาที่มีความแข็งแกร่งเป็นพื้นฐานจะมีผลการแข่งขันโดยรวมดีกว่านักกีฬาที่มีความทนทานเป็นพื้นฐานเล็กน้อย

2. ระดับชั้นบริการ

ระดับชั้นบริการ คือ ระดับชั้นที่นำข้อมูลจากระดับชั้นบริหารจัดการข้อมูลมาทำการประมวลผลด้วยเทคนิคต่างๆ เพื่อนำเสนอผลลัพธ์ที่ง่ายต่อการนำไปใช้งาน แล้วส่งต่อไปให้ระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์ต่อไป ซึ่งเมื่อพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของบริการต่างๆ แล้วสามารถจำแนกเป็นโมดูลย่อยได้ดังนี้

2.1 บันทึกรายการออกกำลังกาย

บริการบันทึกผลการออกกำลังกาย คือ บริการที่บันทึกและจัดเก็บสัญญาณที่ได้จากตัวรับรู้อย่างต่างๆ เช่น สัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจแล้วนำเสนอข้อมูลให้กับผู้ใช้เท่านั้น โดยผู้ใช้งานต้องเป็นผู้ตอบสนองต่อข้อมูลต่างๆ ตามความเข้าใจของตนเอง ทำให้ผลลัพธ์ของบริการนี้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของการประมวลผลในบริการอื่นๆ ที่ช่วยแนะนำหรือสนับสนุนการตัดสินใจให้แก่ผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้สามารถฝึกซ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่วางแผนเอาไว้ ในปัจจุบันนักกีฬานิยมใช้สมาร์ตโฟนในการรับสัญญาณจากตัวรับรูและส่งต่อข้อมูลไปยังบริการบันทึกผล โดยบริการบันทึกข้อมูลที่ได้รับการนิยมนได้แก่ STRAVA ภาพที่ 2 (STRAVA, 2009; Garmin, 2009; Endomondo, 2007; MapMyFitness, 2007) เป็นต้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างบริการบันทึกผลการออกกำลังกายของโปรแกรม STRAVA (STRAVA, 2009)

2.2 การพยากรณ์สมรรถภาพ

การพยากรณ์สมรรถภาพของร่างกายจากผลการฝึกซ้อมตามตารางที่ออกแบบไว้ จะช่วยคาดการณ์ว่าสมรรถภาพของร่างกายจะแข็งแรงพร้อมแข่งขัน ในช่วงวันและเวลาที่แข่งขันหรือไม่ โดยบริการนี้มีกลไกคล้ายเทคนิคเหมืองข้อมูล (Data Mining) เพื่อพยากรณ์ค่าความฟิตของร่างกาย โดยส่วนใหญ่ใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Supervised Learning) เพื่อฝึกให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้และสร้างตัวแบบพยากรณ์ความแข็งแรงของร่างกาย โดย Baralis et al., (2013) ได้เสนอวิธีการใหม่ในการทดสอบระบบการทำงานของหัวใจและปอด ทดแทนวิธีการเดิมที่ทำให้หัวใจต้องทำงานอย่างหนักเพื่อดำเนินการตามกระบวนการทดสอบทั้งหมด ซึ่งวิธีการใหม่นี้ใช้ข้อมูลจากการทดสอบในช่วงแรกมาใช้พยากรณ์ค่าสุดท้ายที่จะได้ ซึ่งวิธีการนี้ช่วยลดความเสี่ยงที่ผู้ทดสอบต้องรับภาระหนักจนอาจเกิดความเสี่ยงต่อหัวใจได้

2.3 ปรับแต่งการออกกำลังกาย

บริการนี้จะปรับปรุงรูปแบบการฝึกซ้อม ให้เหมาะสมกับสมรรถภาพร่างกายของผู้ฝึกซ้อมในขณะนั้น เพื่อให้การฝึกซ้อมเป็นไปอย่างเหมาะสม มีปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมไม่มากหรือน้อยเกินไป ทำให้ร่างกายมีการตอบสนองต่อการฝึกซ้อมที่ดีขึ้น ส่งผลให้ร่างกายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นนั่นเอง ระบบ AmIRTEM (Gaeta, Cea, Arredondo, & Leuteritz, 2012) เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพื่อการพัฒนาสมรรถภาพร่างกาย โดยระบบจะมีการกำหนดค่าปริยาย (default) ของรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเอาไว้ล่วงหน้า จากนั้นผู้ใช้งานจะกรอกข้อมูลคุณลักษณะร่างกายขณะนั้น เพื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะร่างกายที่คาดหวัง เมื่อผู้ใช้กรอกค่าตามรูปแบบการฝึกซ้อมตามค่าปริยาย ระบบจะตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้ระหว่างออกกำลังกาย เพื่อวิเคราะห์ว่าร่างกายตอบสนองกับรูปแบบการออกกำลังกายอย่างไร หากร่างกายมีแนวโน้มว่าไม่สามารถออกกำลังกายรูปแบบการฝึกซ้อมที่กำหนดไว้ในค่าปริยาย ระบบจะปรับระดับความหนักของโปรแกรมการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับผู้ใช้คนนั้นอย่างอัตโนมัติ

3. ระดับชั้นบริหารข้อมูล

ระดับชั้นบริหารข้อมูลมีหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูลทั้งหมดในระบบ โดยประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ อาทิ เช่น การจัดเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวรับรู้ประเภทต่างๆ และการกรอกข้อมูลโดยตรงจากผู้ใช้งาน และการเข้าถึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น กระบวนการในจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายนอก เป็นต้น โดยกระบวนการต่างๆ ในระดับชั้นบริหารจัดการข้อมูล สามารถแบ่งได้ดังนี้

3.1 เมตาดาต้า

เมตาดาต้า (Metadata) คือ ข้อมูลส่วนขยายที่อธิบายความหมายของข้อมูลนั้น ทำให้ระบบสามารถตีความและประมวลผลข้อมูลเชิงความหมายได้โดยอัตโนมัติ เปรียบเสมือนโครงสร้างเชิงความหมายของข้อมูล ช่วยทำให้การเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากสัญญาณจากตัวรับรู้ประเภทต่างๆ มีความแตกต่างและหลากหลาย ไม่เหมาะในการนำไปใช้โดยตรง ทำให้ต้องมีกระบวนการแปลงรูปแบบข้อมูลและเพิ่มส่วนเมตาดาต้าเพื่อรองรับการตีความและประมวลผลข้อมูลเชิงความหมายโดยอัตโนมัติ โดยในงานวิจัยของ Roantree et al., (2012) ได้เสนอกระบวนการบริหารจัดการข้อมูลในเครือข่ายตัวรับรู้ด้านสุขภาพส่วนบุคคล โดยใช้ XML เป็นเมตาดาต้า ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง กล่าวคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่าย อีกทั้งยังได้รับการกำหนดให้เป็นมาตรฐานใน W3C จึงทำให้เป็นที่ยอมรับและถูกนำไปประยุกต์ใช้ในวงกว้าง ทำให้การทำงานร่วมกันระหว่างระบบสารสนเทศต่างๆ สามารถทำได้สะดวกมากขึ้น ในขณะเดียวกันบริการบันทึกข้อมูลออกกำลังกายต่างๆ เริ่มนำข้อมูลเชิงพิกัดพื้นที่มาเป็นส่วนขยาย เพื่อเสริมให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยมักใช้รูปแบบข้อมูลแบบต่างๆ เช่น TCX GPX และ FIT เป็นต้น ซึ่งรูปแบบข้อมูลดังกล่าวมีการเพิ่มเติมค่าต่อเนื่องต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ฝึกซ้อม เช่น ตำแหน่งพิกัด ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ความเร็วในการเคลื่อนที่ เป็นต้น



3.2 การแปลงข้อมูล

การนำสัญญาณจากตัวรับรู้ไปใช้โดยตรงอาจจะทำได้ยาก เพราะสัญญาณจากตัวรับรู้มักจะมีสัญญาณรบกวนและไม่เพียงพอที่จะตอบคำถามให้แก่ผู้ใช้ โดยเฉพาะผู้เชี่ยวชาญด้านการกีฬา ที่ต้องการข้อมูลจากตัวรับรู้หลายประเภทมาประกอบกันเพื่อตอบคำถามในแง่มุมอื่นๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญจำเป็นต้องทราบ ซึ่งในงานวิจัยของ Roantree et al., (2012) ได้นำข้อมูลที่ได้จากการจัดโครงสร้างแล้วมาเพิ่มข้อมูลแวดล้อมอื่นๆ เพื่อตอบคำถามในรูปแบบที่ผู้เชี่ยวชาญสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น เวลาที่นักกีฬาแต่ละคนออกกำลังกายด้วยความหนักที่ระดับ 50-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งการตอบคำถามแบบนี้จำเป็นต้องมีการเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของนักกีฬาแต่ละคน แล้วนำมาคำนวณว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะนั้นมีความเป็นร้อยละเท่าไรของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด แล้วบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในฐานข้อมูลควบคู่ไปในข้อมูลดิบที่ได้จากตัวรับรู้ เพื่อให้ประโยชน์ในการตอบคำถามอื่นๆ ในภายหลัง

3.3 การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล

การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูลที่จัดเก็บในฐานข้อมูลอาจทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับหลายๆ ประเด็น เช่น ปริมาณของข้อมูล รูปแบบการเข้าถึงของฐานข้อมูล ลักษณะของโครงสร้างข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเชิงเทคนิคที่ใช้ในการเข้าฐานข้อมูลมีความซับซ้อน จำเป็นต้องมีกระบวนการอ้างความซับซ้อนต่างๆ เอาไว้ แล้วนำเสนอรูปแบบการเข้าถึงข้อมูลที่สะดวกในการใช้งานให้กับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในงานวิจัยของ Roantree et al., (2012) ได้อ้างความซับซ้อนของกระบวนการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ด้วยการประกาศเป็นวัตถุหลักต่างๆ ได้แก่ Sensor, Activity, Subject และ Context จากนั้นใช้ XML Template ในการแปลความข้อมูลดิบต่างๆ (Camous, McCann, & Roantree, 2008)

4. ระดับตัวรับรู้

การบันทึกข้อมูลการฝึกซ้อมมีส่วนช่วยในการรับรู้ถึงพัฒนาการของร่างกาย และยังมีประโยชน์ในทางอ้อมโดยเป็นแรงกระตุ้นให้นักกีฬาฝึกซ้อมเพื่อทำลายสถิติของตนเองอีกด้วย จากประโยชน์ดังกล่าวทำให้ผู้ผลิตตัวรับรู้ต่างๆ สร้างตัวรับรู้ที่ช่วยในการตรวจจับข้อมูลเพื่ออำนวยความสะดวกในการบันทึกข้อมูลการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬา โดยเฉพาะข้อมูลบางอย่างเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาที่ฝึกซ้อม เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ จังหวะการก้าว ความเร็วในการเคลื่อนที่ เป็นต้น ทำให้นักกีฬาไม่สามารถจดบันทึกเองได้

ซึ่งตัวรับรู้เหล่านี้เป็นเพียงตัวรับรู้ที่ตรวจจับข้อมูลการตอบสนองของร่างกายต่อการออกกำลังกายเท่านั้น แต่ยังมีตัวรับรู้อื่นๆ ที่ตรวจจับข้อมูลจากสภาพแวดล้อม ซึ่งมักนิยมใช้ในการประมวลผลแบบแพร่หลาย (pervasive computing) เช่น ระบบ Global Position System (GPS) ที่ใช้ระบุพิกัดพื้นที่ ตัววัดอุณหภูมิ และตัววัดความดัน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำข้อมูลจากตัวรับรู้ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าให้กับระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมต่อไป ตัวรับรู้ต่างๆ ที่มักนำมาประยุกต์ใช้ในระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

4.1 ตัวรับรู้แบบสวมใส่

ตัวรับรู้แบบสวมใส่ (wearable sensor) มีคุณสมบัติเด่นคือมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้พลังงานน้อย สามารถผนวกรวมเข้ากับเสื้อผ้าหรือชิ้นส่วนต่างๆ ทำให้สามารถติดตั้งเพื่อตรวจจับข้อมูลจากร่างกายด้วยการสวมใส่ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อัตราการหายใจ เป็นต้น ซึ่งตัวรับรู้แบบนี้เป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจจับและบันทึกข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการฝึกซ้อม

ตัวรับรู้สวมใส่ที่ได้รับความนิยมตัวหนึ่งคือ ตัวรับรู้อัตราการเต้นของหัวใจ ภาพที่ 3 (ก) และ (ข) ซึ่งการทำงานของสายคาดอกนั้นจะใช้สัญญาณไฟฟ้าจากร่างกาย โดยใช้หลักการเดียวกันกับที่ใช้ในการทำ EKG (Walraven, 2010)

ในทางการแพทย์ ส่วนนาฬิกาข้อมือที่ใช้แสงจะทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของอัตราการ ดูดกลืนแสงของผิวหนังซึ่งแปรผันตามจังหวะการเต้นของหัวใจ เป็นต้น



ภาพที่ 3 (ก) ตัวรับรู้อัตราการเต้นของหัวใจแบบสายคาดอก (ข) ตัวรับรู้อัตราการเต้นของหัวใจแบบสายรัดข้อมือ (ค) และตัวรับรู้กำลังวัดดีในการปั่นจักรยานแบบวัดที่ดุมล้อ

ที่มา: (ก) GARMIN (1996), (ข) MIO Global (2002), (ค) PowerTap G3C Hub (2012)

งานวิจัยที่น่าสนใจหนึ่งคือการพัฒนาระบบที่ประยุกต์ใช้ตัวรับรู้ประเภทสวมใส่ชนิดต่างๆ ร่วมกับตัวรับรู้ที่ติดตั้งที่อุปกรณ์ออกกำลังกาย (Baca et al., 2010) โดยตัวรับรู้ทั้งหมดสื่อสารกันโดยโพรโตคอล (Protocol) สื่อสารข้อมูลแบบไร้สายทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบันมี 2 โพรโตคอลที่ได้รับการยอมรับได้แก่ ANT+ (“THIS IS ANT,” 2004) และ Bluetooth Low Energy (“Bluetooth Low Energy Technology,” 2007)

4.2 ตัวรับรู้ที่ติดตั้งในสภาพแวดล้อม

ตัวรับรู้ที่ติดตั้งในสภาพแวดล้อม คือ ตัวรับรู้ที่ติดตั้งอยู่กับวัตถุต่างๆ ในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในการฝึกซ้อมกีฬา มีหน้าที่ตรวจจับข้อมูลอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการตัวรับรู้แบบสวมใส่ เพื่อนำมาประกอบกันเป็นระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาที่มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่นในกีฬาจักรยานมีตัวรับรู้กำลังวัดที่ออกแรงปั่นจักรยานในแต่ละครั้ง ภาพที่ 3 (ค) เป็นต้น ซึ่งตัวรับรู้เหล่านี้เมื่อตรวจจับข้อมูลเสร็จแล้วมักจะส่งข้อมูลไปที่หน่วยประมวลผลเพื่อทำการวิเคราะห์ และแปลผลข้อมูลให้นักกีฬา ผู้ฝึกสอน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ตัวรับรู้ในประเภทนี้ มีรูปแบบที่หลากหลาย และมีการประยุกต์ใช้ที่มากมาย โดยในระบบ Ambient Intelligence System for Personalized Sport Training (Vales-Alonso et al., 2010) ที่ใช้ข้อมูลสภาพเส้นทางวิ่งมาราธอนเพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางวิ่งที่เหมาะสมกับโปรแกรมการฝึกซ้อม โดยระบบมีการวางตัวรับรู้แบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นตัวรับรู้แบบสวมใส่เพื่อตรวจจับข้อมูลสภาพร่างกาย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับออกซิเจนในเลือด และตัวรับรู้แบบติดตั้งภายนอก ซึ่งติดตั้งตามเส้นทางวิ่ง เช่น ตัววัดอุณหภูมิ ตัววัดแสง ตัววัดความเร็วลม ตัววัดความชื้นในอากาศ เป็นต้น ตัวรับรู้ต่างๆ จะส่งข้อมูลเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลางผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายแบบทันทีทันใด (Real time) ซึ่งมีข้อดีในเรื่องการช่วยสนับสนุนให้นักกีฬาเลือกเส้นทางที่เหมาะสมกับสภาพร่างกายในขณะนั้น เพื่อคงไว้ซึ่งระดับอัตราการเต้นของหัวใจที่ต้องการ ทำให้การฝึกซ้อมเป็นไปตามเป้าหมายมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ: แนวโน้มและความท้าทายสำหรับนักวิจัย

จากองค์ประกอบต่างๆ ของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาในปัจจุบันที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ทุกองค์ประกอบจำเป็นต้องมีการทำงานที่สอดประสานกัน โดยได้รับความร่วมมือจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบัน ทำให้เกิดโจทย์วิจัยใหม่ๆ ที่ได้รับความสนใจมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งแนวโน้มในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬามีทิศทางเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี เช่น บิ๊กดาต้า (Big Data) Internet of Thing (IoT) และการทำงานร่วมกันระหว่างระบบสารสนเทศต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ถือเป็นความท้าทายแก่นักวิจัยที่สนใจ



งานวิจัยด้านระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาอย่างยิ่ง ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ที่น่าสนใจโดยจำแนกตามระดับชั้นต่างๆ ของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬาได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความท้าทายของนักวิจัยจำแนกตามระดับชั้นต่างๆ ของระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา

		ความท้าทาย		
		บิกดาต้า	Internet of Thing	การเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางด้านสุขภาพ
ระดับชั้นของระบบสารสนเทศ	ชั้นโปรแกรมประยุกต์	-	2.4	-
	ชั้นบริการ	1.1	2.3	3.0
	ชั้นบริหารจัดการข้อมูล	1.1	-	3.0
	ชั้นตัวรับรู้	1.2	2.1 2.2	-

1. การประยุกต์ใช้ข้อมูลบิกดาต้า

ในปัจจุบันแนวโน้มความนิยมในการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดข้อมูลด้านการออกกำลังกายจำนวนมาก โดยข้อมูลเหล่านี้ถูกบันทึกจากแหล่งที่มาหลากหลาย อาทิเช่น การบันทึกข้อมูลด้วยมือ การรับรู้สัญญาณด้วยตัวรับรู้ชนิดต่างๆ ในอุปกรณ์พกพา เช่น สมาร์ทโฟน และนาฬิกาอัจฉริยะต่างๆ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้มักจัดเก็บในบริการต่างๆ ที่ใช้สำหรับบริหารจัดการข้อมูลการออกกำลังกาย เช่น Garmin Connect, STRAVA, MapMyFitness เป็นต้น ซึ่งบริการเหล่านี้มักนำหลักการของเครือข่ายสังคมออนไลน์มาประยุกต์ใช้งาน ช่วยสร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกายให้ผู้ใช้และกลุ่มเพื่อน ทำให้บริการต่างๆ เหล่านี้ถือเป็นคลังข้อมูลขนาดใหญ่และมีรูปแบบและโครงสร้างข้อมูลที่หลากหลาย

จากแนวโน้มของปริมาณข้อมูลที่มีจำนวนมากและความหลากหลายของโครงสร้างข้อมูล จึงพิจารณาได้ว่าสามารถนำเทคนิคและวิธีการในปัญหาวิจัยด้านบิกดาต้ามาประยุกต์ใช้ในระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา โดยประเด็นท้าทายที่น่าสนใจ ในทัศนะของผู้เขียนมีดังต่อไปนี้

1.1. การจัดการโครงสร้างข้อมูลที่หลากหลาย

ข้อมูลการออกกำลังกายในปัจจุบันถูกจัดเก็บในบริการต่างๆ ที่มีโครงสร้างที่ต่างกัน เช่น ข้อมูลจากการบันทึกด้วยมือในสมุดบันทึกมักเป็นแบบไม่มีโครงสร้าง ข้อมูลจากบริการทางเว็บต่างๆ มักจัดเก็บในฐานข้อมูลซึ่งเป็นแบบโครงสร้าง ข้อมูลที่มาจากตัวรับรู้ชนิดต่างๆ ที่ให้ข้อมูลแตกต่างกันสามารถพิจารณาในภาพรวมได้ว่าเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง ข้อมูลจากสื่อผสมที่มาจากการถ่ายทอดการแข่งขันต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลกึ่งโครงสร้าง เป็นต้น จากความหลากหลายโครงสร้างข้อมูลและแหล่งที่มาดังกล่าว หากต้องการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่ๆ จำเป็นต้องมีการบูรณาการข้อมูลเหล่านั้นเข้าด้วยกัน ซึ่งแนวทางที่น่าสนใจ ได้แก่ การบูรณาการข้อมูลเชิงความหมาย (Nguyen, Cao, Nguyen, & Hagino, 2012) หรือ การประยุกต์ใช้ตัวรับรู้หลายชนิดรวมกันในการวิเคราะห์ข้อมูล (Halvorsen et al., 2013) เป็นต้น

ซึ่งผู้เขียนคิดว่าการพัฒนาโมดูลสำหรับจัดการโครงสร้างข้อมูลที่หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพนั้นสามารถจัดทำเป็น API หรือ Web service ที่อยู่ระหว่างระดับชั้นบริการและระดับชั้นบริหารจัดการข้อมูล โดยมีหน้าที่บูรณาการข้อมูลจากระดับบริหารจัดการข้อมูลส่งไปให้ระดับชั้นบริการ ทำให้ชั้นบริการสามารถวิเคราะห์และค้นพบองค์ความรู้ใหม่ๆ ได้มากขึ้น

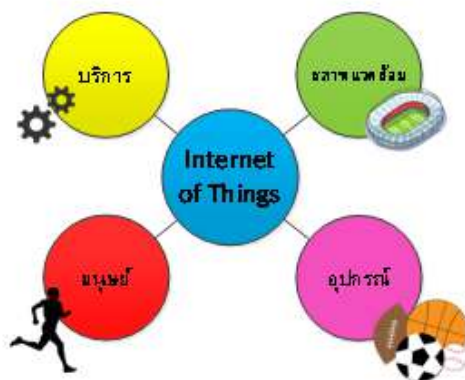
1.2. การใช้บิ๊กดาต้าในการสังเคราะห์สัญญาณเพื่อทดแทนตัวรับรู้ที่มีราคาแพง

ในปัจจุบันการฝึกซ้อมกีฬาต้องการการวัดผลที่แม่นยำมากขึ้น เพราะทำให้นักกีฬาฝึกซ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม แต่ตัวรับรู้ที่มีความแม่นยำสูงนั้นมีราคาสูงเช่นกัน ตัวอย่างเช่น ในกีฬากอล์ฟ ตัวรับรู้กำลังวัดตีถือเป็นตัวรับรู้ชนิดหนึ่งที่นักกีฬาอาชีพจำเป็นต้องใช้เพราะการคำนวณระยะการฝึกซ้อมด้วยกำลังวัดตีมีความแม่นยำกว่าการใช้อัตราการเต้นของหัวใจมาก แต่นักกีฬาสมัครเล่นส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ เพราะมีราคาแพงมาก (35,000 บาท - 100,000 บาท)

เนื่องจากบริการข้อมูลออกกำลังกายต่างๆ ในปัจจุบัน มีการบันทึกข้อมูลหลายด้าน ตัวอย่างเช่น บริการข้อมูลการปั่นจักรยาน มีการบันทึกข้อมูลต่อเนื่องต่างๆ เช่น กำลังวัดตี ความเร็วของการเคลื่อนที่ ความถี่ของรอบขาปั่นจักรยาน ระดับความสูงที่ได้ขึ้นลง อัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งหากนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลกายภาพของนักกีฬาและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น น้ำหนัก ความสูง อายุ น้ำหนักอุปกรณ์ มีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถสร้างตัวแบบสำหรับประมาณ (Forecasting model) ค่ากำลังวัดตี โดยใช้ข้อมูลประวัติการฝึกซ้อมและข้อมูลทางกายภาพของนักกีฬา รวมกับข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างๆ ของผู้ใช้ที่ถูกบันทึกเก็บไว้ในบริการต่างๆ เป็นจำนวนมาก

2. Internet of Things (IoT)

จากคำนิยามกระบวนทัศน์ IoT โดย Ashton (2009) ที่ได้กล่าวว่า เป็นสภาวะที่เครื่องจักรสามารถเข้าใจโลกเชิงกายภาพโดยไม่ถูกจำกัดเพียงแค่การป้อนข้อมูลจากมนุษย์เท่านั้น ซึ่งคำนิยามดังกล่าวจะเป็นจริงได้ เครื่องจักรต้องสามารถรับรู้สถานะของวัตถุต่างๆ ในโลกได้ เช่น วัตถุต่างๆ สิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อมต่างๆ เป็นต้น



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของเทคโนโลยี IoT เพื่อประยุกต์ใช้กับการฝึกซ้อมกีฬา

เทคโนโลยีตัวรับรู้ที่สามารถรับรู้สถานะของวัตถุและสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้พัฒนามากขึ้น ทำให้เกิดบริการใหม่ๆ ในโดเมนต่างๆ ซึ่งด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาเป็นอีกศาสตร์หนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้กระบวนทัศน์ IoT เพื่อพัฒนาการฝึกซ้อมกีฬาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยหากพิจารณาคำนิยาม IoT ของ Verma et al., (2011) สามารถสรุปองค์ประกอบของกระบวนทัศน์ IoT ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกซ้อมกีฬาได้ดังภาพที่ 4 โดยแนวทางในการวิจัยและพัฒนาตามกระบวนทัศน์ IoT ในมุมมองการฝึกซ้อมกีฬาสามารถแบ่งตามหัวข้อย่อยได้ดังนี้



2.1 อุปกรณ์กีฬา

อุปกรณ์กีฬาเป็นส่วนที่ได้รับความสนใจมากที่สุดในการวิจัยและพัฒนาตามกระบวนทัศน์ IoT โดยมักถูกติดตั้งตัวรับรู้ต่างๆ เพื่อตรวจจับข้อมูลการใช้งานโดยนักกีฬา เช่น ไมเก็นนีสยี่ห้อ Babolat (2015) ได้ติดตั้งตัวรับรู้ไจโรสโคป (Gyroscope) ไว้ที่ตามจับ เพื่อตรวจจับรูปแบบการวาดไม้และจุดที่ลูกกระทบหน้าไม้ จากการตีลูกในแต่ละครั้ง รวมถึงการฝังตัวรับรู้ในลูกเทนนิส เพื่อเก็บข้อมูลในการเล่นของผู้เล่นแต่ละคน ในการแนะนำจุดที่ต้องพัฒนาเทคนิคในการเล่นให้กับนักกีฬา เป็นต้น ดังนั้นความท้าทายหนึ่งของผู้วิจัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ การพัฒนาตัวรับรู้รูปแบบใหม่ที่สามารถฝังตัวกับอุปกรณ์กีฬา ซึ่งยังมีอีกหลายชนิดที่ยังมิได้ใช้ประโยชน์จากตัวรับรู้เพื่อการตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อปรับปรุงเทคนิคการออกกำลังกายที่ลดความเสี่ยงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บจากการเคลื่อนไหวที่ผิดวิธีและช่วยส่งเสริมให้เกิดสมรรถภาพสูงสุดของนักกีฬาแต่ละคน

2.2 สภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสภาพแวดล้อมแบบปิด เช่น สนามกีฬากลางแจ้ง หรือในร่ม หรือสภาพแวดล้อมแบบเปิด เช่น ถนน เส้นทางเดินป่า ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสงแดด ฯลฯ ล้วนแต่มีผลกับการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬาด้วยกันทั้งสิ้น โดยหากพิจารณาตามกระบวนทัศน์ IoT แล้วทำให้สามารถอนุมานได้ว่า ตัวรับรู้สภาพแวดล้อมต่างๆ จำนวนมาก ทั้งที่เป็นตัวรับรู้แบบท้องถิ่น (Local sensor) (Ye, 2014) และตัวรับรู้แบบครอบคลุม (Global sensors) จะมีการเชื่อมโยงถึงกันด้วยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลสภาพแวดล้อมที่สะดวกครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น (Baca et al., 2010; Eisenma et al., 2010) แต่หากพิจารณาจำนวนตัวรับรู้ที่มีมากเกินไป อาจเกิดความซ้ำซ้อนกันของข้อมูล เช่น ตัวรับรู้แบบท้องถิ่นหลายๆ ตัวในบริเวณเดียวกัน อาจวัดค่าอุณหภูมิได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากความแตกต่างกันในปัจจัยต่างๆ เช่น การตั้งค่า การผลิต การนำไปใช้งานของผู้ใช้ เป็นต้น

ความท้าทายของนักวิจัยในหัวข้อนี้คือการปรับปรุงและพัฒนากลยุทธ์ในการจัดการตัวรับรู้จำนวนมากที่อาจมีพื้นที่ตรวจจับข้อมูลที่ทับซ้อนกัน โดยอาจมุ่งเน้นที่กระบวนการในการคัดเลือกตัวรับรู้ที่คาดว่าจะวัดค่าได้ถูกต้องที่สุด เพื่อให้การนำข้อมูลจากตัวรับรู้จำนวนมากมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 บริการ

บริการในกระบวนทัศน์ IoT ในด้านการฝึกซ้อมกีฬาอาจอนุมานได้จากการต่อยอดจากที่กล่าวไปแล้วในข้อ 2.2 โดยเมื่อมีกลยุทธ์ในการบริหารจัดการตัวรับรู้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องน่าเชื่อถือแล้ว จะสามารถจัดตั้งเป็นบริการการรับรู้ (Sensing-as-a-service) (Sheng, Tang, Xiao, & Xue, 2013) เพื่อเป็นบริการพื้นฐานในการเข้าถึงข้อมูลสถานะของวัตถุต่างๆ ช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานให้กับระบบสารสนเทศในการเข้าถึงข้อมูลจากตัวแปรใหม่ๆ ที่มีขอบเขตกว้างขึ้น ซึ่งจากประโยชน์ต่างๆ ของการจัดตั้งบริการการรับรู้นี้เอง ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดบริการการรับรู้ขึ้นอีกมาก ทั้งจากผู้ให้บริการผู้ผลิตตัวรับรู้ต่างๆ ทำให้จำเป็นต้องมีกลยุทธ์ในการค้นหาและคัดเลือกบริการที่เหมาะสมกับระบบสารสนเทศ รวมถึงการพัฒนากระบวนการความปลอดภัยต่างๆ เพื่อให้ข้อมูลของผู้ใช้ไม่รั่วไหลออกไปผ่านช่องทางบริการต่างๆ

2.4 มนุษย์

มนุษย์ถือเป็นส่วนหนึ่งของ IoT เพราะต้องรับรู้และประมวลผลข้อมูลเข้าสู่ระบบด้วยเช่นกัน โดยในด้านการฝึกซ้อมกีฬานั้น ผู้ฝึกสอนถือเป็นส่วนสำคัญหนึ่งของระบบเพราะมีบทบาทในการติดตามและวิเคราะห์ผลการฝึกซ้อมแล้วแนะนำรูปแบบการฝึกซ้อมที่เหมาะสมให้แก่ นักกีฬา แต่เนื่องจากการจ้างผู้ฝึกสอนนั้นมีราคาแพง ทำให้ให้นักกีฬาสมัครเล่นส่วนใหญ่ไม่ได้รับคำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการฝึกซ้อม ทำให้มีผลการฝึกซ้อมไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร นักวิจัยจึงเริ่มนำข้อมูลผลการฝึกซ้อมที่บันทึกได้จากตัวรับรู้ต่างๆ มาวิเคราะห์และพัฒนาเป็นตัวแบบในการพยากรณ์และตอบกลับสู่



นักกีฬา (Baca & Kornfeind, 2006; Gaeta et al., 2012) ซึ่งระบบจะส่งต่อข้อมูลผลการฝึกซ้อมไปยังผู้ฝึกสอนผ่านระบบเครือข่าย ทำให้ผู้ฝึกสอนสามารถปรับเปลี่ยนแผนการฝึกซ้อมและให้คำแนะนำแก่นักกีฬาโดยมีระบบสารสนเทศเป็นสื่อกลาง

ความท้าทายของนักวิจัยในหัวข้อนี้จึงเป็นเรื่องการพัฒนาตัวแบบที่มีความเชื่อมั่นสูง ที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการฝึกซ้อมที่เหมาะสมให้แก่ นักกีฬา โดยแปรผันไปตามข้อมูลทางกายภาพของนักกีฬาและผลการฝึกซ้อมของนักกีฬา แต่ระบบดังกล่าวอาจจะยังไม่ได้มาแทนที่ผู้ฝึกสอนทั้งหมด เพียงแต่จำเป็นต้องมีผู้ฝึกสอนตรวจทานข้อมูลในภาพรวมให้แก่ นักกีฬา เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่ระบบไม่อาจตรวจพบได้

3. การเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางด้านสุขภาพ

ข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของผู้ป่วยถือเป็นข้อมูลที่ประโยชน์ต่อการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมกีฬา เพราะ นักกีฬาจำเป็นต้องฝึกซ้อมในปริมาณและความเข้มข้นที่เหมาะสมกับสุขภาพของตนเอง ในขณะนั้น เพื่อลดโอกาสกลับไปบาดเจ็บหรือเกิดความทรมานแก่ร่างกายได้ ซึ่ง Chuan-Jun Su, Chang-Yu Chiang, & Meng-Chun Chih (2014) ได้นำข้อมูลประวัติคัดกรองแรกเข้าของผู้ฝึกซ้อมจากสถานพยาบาลมาช่วยวิเคราะห์เพื่อสร้างแผนการออกกำลังกาย ซึ่งการเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางด้านสุขภาพนั้น มี 2 ประเด็นที่ต้องพิจารณาดังนี้ ประเด็นแรก เรื่องความปลอดภัยในการเข้าถึงและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลสุขภาพ หากมีการเชื่อมโยงโดยปราศจากมาตรการป้องกันที่ดี อาจเกิดปัญหาข้อมูลรั่วไหลได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมากสำหรับสถานพยาบาล ประเด็นที่ 2 เรื่องการเชื่อมโยงบูรณาการข้อมูลทางการแพทย์นั้นมิได้โครงสร้างเชิงความหมายต่างๆ เพื่อให้การเชื่อมโยงเชิงความหมายระหว่างระบบสารสนเทศของแต่ละสถานพยาบาลเกิดขึ้นได้ เช่น ICD10, ICD9, SNOMED, UMLS เป็นต้น ซึ่งรหัสเหล่านี้อธิบายถึงอวัยวะต่างๆ ที่ใช้ในข้อมูลสุขภาพ ส่วนในด้านระบบสารสนเทศโรงพยาบาลมีมาตรฐานโครงสร้างข้อมูลในระบบสารสนเทศ เช่น HL7 version 3 (Health Level Seven International, 2005) และ OpenEHR Release 1.0.2 (openEHR Foundation, 2006) เป็นต้น ในขณะที่ข้อมูลการออกกำลังกายมีโครงสร้างข้อมูลแบบกึ่งโครงสร้างที่มี XML เป็นพื้นฐาน เช่น FIT, GPX, TCX เป็นต้น ซึ่งจากจำนวนมาตรฐานของโครงสร้างที่เกี่ยวข้องจำนวนมากนี้ ทำให้การเชื่อมโยงข้อมูลที่มีความแตกต่างเชิงความหมายและโครงสร้างจำเป็นต้องกระทำด้วยมือโดยนักเวชสารสนเทศ ซึ่งถือเป็นต้นทุนราคาแพง

ความท้าทายต่อนักวิจัยจึงเป็นการพัฒนาปรับปรุง แพลตฟอร์ม เครื่องมือ และแนวทางในการเชื่อมโยงระบบสารสนเทศที่มีความแตกต่างกันในเชิงโครงสร้างและเชิงความหมาย ที่ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และมีประสิทธิภาพ ทั้งยังคงไว้ซึ่งความปลอดภัยของข้อมูล เพราะถือเป็นข้อมูลส่วนบุคคลที่ไม่ควรเปิดเผยให้แก่ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง

สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬา โดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ตามระดับขั้นการทำงานของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ พร้อมทั้งอธิบายลำดับการทำงานโดยใช้การฝึกซ้อมกีฬาจักรยานเป็นตัวอย่างและกล่าวถึงคุณลักษณะของแต่ละโมดูลโดยอ้างอิงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้อ่านทราบถึงแนวโน้มและทิศทางของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬา

อย่างไรก็ตามพัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาดังกล่าวยังก่อให้เกิดแนวทางในการวิจัยและพัฒนาใหม่ๆ ที่กำลังจะเกิดขึ้น เช่น กลยุทธ์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาค่าความรู้ใหม่ๆ จากข้อมูลจำนวนมากมหาศาลที่กระจายอยู่ตามสถานบริการต่างๆ จะมีแนวทางบูรณาการโครงสร้างข้อมูลของบริการ สถานพยาบาล และตัวรับรู้ต่างๆ ที่หลากหลายได้อย่างไร และ Internet of Things จะมีผลกระทบอย่างไรกับระบบสารสนเทศเพื่อการฝึกซ้อมกีฬา เป็นต้น ซึ่งถือเป็นความท้าทายอย่างยิ่งสำหรับนักวิจัยทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ หรือศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อรองรับการฝึกซ้อมของนักกีฬา ซึ่งการวิจัยและพัฒนาเหล่านี้จะให้นักกีฬาสมัครเล่นสามารถหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บที่ไม่พึงประสงค์และเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมกีฬามากยิ่งขึ้น



รายการอ้างอิง

- Ashton, K. (2009). That "Internet of Things" Thing. **RFID Journal**, **22**, 97-114.
- Babolat. (2015). **BABOLAT - Tennis, badminton and padel gear - Racket, string, shoe**. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2557, จาก <http://www.babolat.com/>.
- Baca, A., & Kornfeind, P. (2006). Rapid Feedback Systems for Elite Sports Training. **IEEE Pervasive Computing**, **5**(4), 70-76.
- Baca, A., Kornfeind, P., Preuschl, E., Bichler, S., Tampier, M., & Novatchkov, H. (2010). A Server-Based Mobile Coaching System. **Sensors (Basel, Switzerland)**, **10**(12), 10640-10662.
- Banister, E. W. (1991). Modeling elite athletic performance. **Physiological testing of elite athletes**, 403-424.
- Baralis, E., Cerquitelli, T., Chiusano, S., D'elia, V., Molinari, R., & Susta, D. (2013). Early Prediction of the Highest Workload in Incremental Cardiopulmonary Tests. **ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology**, **4**(4), 70:1-70:20.
- Bluetooth Low Energy Technology. (2007). **Bluetooth Low Energy Technology | Bluetooth Technology Website**. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2557, จาก <http://www.bluetooth.com/Pages/low-energy-tech-info.aspx>.
- Camous, F., McCann, D., & Roantree, M. (2008). Capturing personal health data from wearable sensors. **Proceedings - 2008 International Symposium on Applications and the Internet, SAINT 2008** (pp. 153-156).
- Chalencon, S., Pichot, V., Roche, F., Lacour, J.-R., Garet, M., Connes, P., Barthelemy, J. C., et al. (2015). Modeling of performance and ANS activity for predicting future responses to training. **European Journal of Applied Physiology**, **115**(3), 589-596.
- Chuan-Jun Su, Chang-Yu Chiang, & Meng-Chun Chih. (2014). Ontological Knowledge Engine and Health Screening Data Enabled Ubiquitous Personalized Physical Fitness (UFFT). **Sensors (14248220)**, **14**(3), 4560-4584.
- Cornelissen, V. A., & Smart, N. A. (2013). Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of the American Heart Association**, **2**(1), e004473.
- Eisenman, S. B., Miluzzo, E., Lane, N. D., Peterson, R. A., Ahn, G.-S., & Campbell, A. T. (2010). BikeNet: A Mobile Sensing System for Cyclist Experience Mapping. **ACM Transactions on Sensor Networks**, **6**(1), 6:1-6:39.
- Endomondo. (2007). **Endomondo | Community based on free GPS tracking of sports**. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2557, จาก <https://www.endomondo.com/home>.
- Fagard, R. (2006). Exercise Is Good for Your Blood Pressure: Effects of Endurance Training and Resistance Training. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, **33**(9), 853-856.
- Farrell, S. W., Kampert, J. B., Kohl, H. W., Barlow, C. E., Macera, C. A., Paffenbarger, R. S., Gibbons, L. W., et al. (1998). Influences of cardiorespiratory fitness levels and other predictors on cardiovascular disease mortality in men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, **30**(6), 899-905.



- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 30(7), 1164-1168.
- Gaeta, E., Cea, G., Arredondo, M.-T., & Leuteritz, J.-P. (2012). AmIRTEM: A Functional Model for Training of Aerobic Endurance for Health Improvement. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, 59(11), 3155-3161.
- Garmin. (1996). **Soft Strap Premium Heart Rate Monitor | Garmin**. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2557, จาก <https://buy.garmin.com/en-US/US/shop-by-accessories/fitness-sensors/soft-strap-premium-heart-rate-monitor/prod15490.html>.
- Garmin. (2009). **Garmin Connect**. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2557, จาก <http://connect.garmin.com>.
- Halvorsen, P. al, S'va egrov, S., Mortensen, A., Kristensen, D. K. C., Eichhorn, A., Stenhaug, M., Dahl, S., et al. (2013). Bagadus: An Integrated System for Arena Sports Analytics: A Soccer Case Study. **Proceedings of the 4th ACM Multimedia Systems Conference, MMSys '13** (pp. 48-59).
- Health Level Seven International. (2005). **Introduction to HL7 Standards**. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2557, จาก [http:// www.hl7.org/implement/standards/index.cfm?ref=nav](http://www.hl7.org/implement/standards/index.cfm?ref=nav).
- MapMyFitness. (2007). **Map Fitness Training and Track Fitness Workouts | MapMyFitness**. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2558, จาก <http://www.mapmyfitness.com/>.
- Mio Global. (2002). **Award Winning Heart Rate Watch Black| Mio ALPHA Heart Rate Watches | Mio Global**. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2557, จาก <http://www.mioglobal.com/Shop/MIO-Alpha/Product.aspx?ProductID=1&DeptID=1>.
- Nguyen, Q.-M., Cao, T.-D., Nguyen, H.-C., & Hagino, T. (2012). Towards Efficient Sport Data Integration through Semantic Annotation. **2012 4th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)**, (pp. 99-106).
- Ofoghi, B., Zeleznikow, J., MacMahon, C., & Dwyer, D. (2013). Supporting athlete selection and strategic planning in track cycling omnium: A statistical and machine learning approach. **Information Sciences**, 233, 200-213.
- OpenEHR Foundation. (2006). **openEHR Release 1.0.2**. สืบค้นเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2558, จาก <http://www.openehr.org/programs/specification/releases/1.0.2>.
- PowerTap G3C Hub. (2012). **PowerTap G3C Hub by PowerTap | PowerTap**. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2557, จาก <http://www.powertap.com/product/powertap-g3c-hub>.
- Roantree, M., Shi, J., Cappellari, P., O'Connor, M. F., Whelan, M., & Moyna, N. (2012). Data transformation and query management in personal health sensor networks. **Journal of Network and Computer Applications, Intelligent Algorithms for Data-Centric Sensor Networks**, 35(4), 1191-1202.
- Sheng, X., Tang, J., Xiao, X., & Xue, G. (2013). Sensing as a Service: Challenges, Solutions and Future Directions. **IEEE Sensors Journal**, 13(10), 3733-3741.



- STRAVA. (2009). **Running and Cycling GPS Tracker, Performance Analytics, Maps, Clubs and Competition | Strava**. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2557, จาก <http://www.strava.com/>.
- THIS IS ANT. (2004). **THIS IS ANT - the Wireless Sensor Network Solution**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2557, จาก <http://www.thisisant.com/>.
- Vales-Alonso, J., López-Matencio, P., Gonzalez-Castaño, F. J., Navarro-Hellín, H., Baños-Guirao, P. J., Pérez-Martínez, F. J., et al. (2010). Ambient Intelligence Systems for Personalized Sport Training. **Sensors**, 10(3), 2359–2385.
- Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., Jubert, I. S., et al. (2011). Internet of things strategic research roadmap. **Internet of Things-Global Technological and Societal Trends**, 9–52.
- Van der Vlist, B., Bartneck, C., & Mäueler, S. (2011). moBeat: Using Interactive Music to Guide and Motivate Users During Aerobic Exercising. **Applied Psychophysiology & Biofeedback**, 36(2), 135–145.
- Walraven, G. (2010). **Basic Arrhythmias**. (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Ye, Q. (2014). AHP-based evaluation of IoT-aided stadium information system. **Open Automation and Control Systems Journal**, 6(1), 1093–1100.