

เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการจัดการขยะในสังคม วิถีปกติใหม่

Digital Technologies for Support Waste Management in a New Normal Society

ภูริพงษ์ แก้วยอง¹ ชุติวรรณ บุญอาชาทอง² แทนทัศน์ เพ็ญขุนทด³ และสายสุดา ปันตระกูล⁴

Phuripoj Kaewyong¹ Chutiwan Boonarchatong² Tantus Peikkoontod³ and Saisuda Pantrakool⁴

- ¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Asst. Prof. of Bachelor of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University
- ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Asst. Prof. Dr. of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University
- ³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Asst. Prof. Dr. of Urban and Industrial Environmental Management, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University
- ⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
Asst. Prof. Dr. of Faculty of Humanities and Social Sciences, Suan Dusit University

Corresponding Author: E-mail: saisuda_pan@dusit.ac.th

Received: 25 พ.ค. 66 Revised: 6 ก.ค. 66 Accepted: 29 ส.ค. 66

DOI: 10.14416/j.ted.2024.12.002

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเสนอแนวคิดการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการจัดการขยะในสังคมวิถีปกติใหม่ ประกอบด้วย 1) วิทยาการหุ่นยนต์ 2) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโครงข่ายประสาท 3) เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง 4) การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ 5) การวิเคราะห์ข้อมูล และ 6) แอปพลิเคชันเพื่อธุรกิจธนาคารขยะ โดยการรวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลที่ทันสมัยเพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนการจัดการขยะ และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะรีไซเคิลในสังคมวิถีปกติใหม่

คำสำคัญ: เทคโนโลยีดิจิทัล การจัดการขยะ สังคมวิถีปกติใหม่

Abstracts

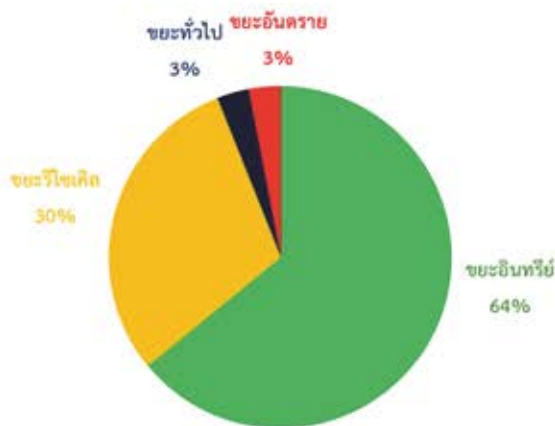
This article aims to present the concept of using digital technology to support waste management in a new normal society, consisting of 1) Robotics 2) Artificial intelligence and neural networks 3) Internet of things technology, 4) Cloud computing, 5) Data analytics, and 6) Application for waste bank. The relevant research was gathered to study the feasibility of adopting modern digital technology. As a guideline for applying digital technology to support waste management to increase efficiency in recycling waste management in a new normal society.

Keywords: Digital Technology, Waste Management, New Normal Society



1. บทนำ

ปัญหาขยะล้นเมืองเป็นปัญหาสำคัญของประเทศ การไม่คัดแยกประเภทของขยะทำให้เกิดการปะปนของขยะทั้งประเภทย่อยสลายง่ายและย่อยสลายยาก โดยเฉพาะขยะพลาสติกที่ย่อยสลายยากทำให้เกิดการตกค้างจำนวนมากที่ส่งผลต่อมลภาวะเรือนกระจก การอุดตันตามแหล่งน้ำทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง เกิดมลพิษและการปนเปื้อนออกไปตามสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต ในหลายประเทศให้ความสำคัญกับการจัดการปัญหาขยะโดยมีการณรงค์ให้ประชาชนลดการใช้พลาสติก แต่การกำจัดขยะที่ปลายทางเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างยั่งยืน สาเหตุของปัญหาขยะเกี่ยวเนื่องกันในหลายแง่มุมทั้งด้านพฤติกรรมผู้บริโภคและการแยกขยะจากต้นทาง การจัดการขยะที่ไม่ได้มาตรฐานก่อให้เกิดมลพิษและการคัดแยกขยะที่ไม่ถูกวิธีทำให้เกิดการนำขยะกลับมาใช้ซ้ำ [1] จากรายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ขยะที่พบในชุมชนประเภทขยะรีไซเคิลมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 30 ซึ่งหากขยะเหล่านี้ไม่ได้รับการคัดแยกอย่างถูกวิธีตั้งแต่ต้นทางจะส่งผลให้ปริมาณขยะเพิ่มขึ้น ต้องสูญเสียงบประมาณในการจัดการขยะ ทั้งการจ้างคนทำความสะอาด การจัดทำถังขยะสาธารณะและการกำจัดขยะเพิ่มขึ้น ซึ่งในประเทศที่มีการจัดการขยะที่ดี เช่น ประเทศสวีเดน กลับพบว่า ต้องนำเข้าขยะจากประเทศเพื่อนบ้านเพื่อนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ภายหลังขยะภายในประเทศมีปริมาณไม่เพียงพอเพราะถูกกำจัดจนหมด [2]



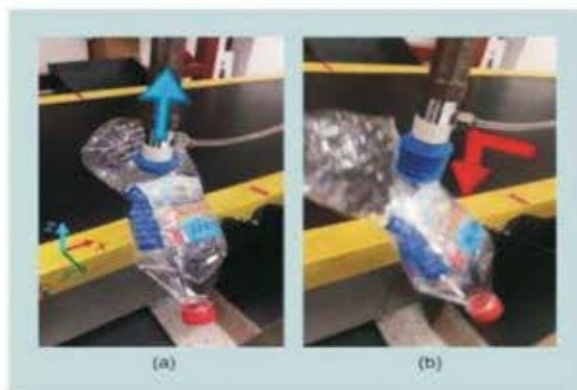
ภาพที่ 1 ประเภทขยะที่พบในชุมชน [1]

ปัญหาการจัดการขยะในสังคมวิถีปกติใหม่ จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 ตั้งแต่ปี 2563 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปสู่วิถีชีวิตใหม่ ข้อมูลจากกรมอนามัยคาดการณ์ว่าปริมาณขยะทั่วประเทศในช่วงการระบาดโควิด 19 ระลอก 3 อาจได้ถึง 80 ตันต่อวัน และกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่ 1 เมษายน-5 พฤษภาคม พ.ศ.2564 พบว่า “ขยะหน้ากากอนามัย” จากที่หักอาศัย โรงพยาบาลสนามและสถานที่กักตัว มีปริมาณรวม 547.93 ตัน เฉลี่ย 16.12 ตันต่อวัน แม้กรุงเทพมหานครจะจัดถัง “สีส้ม” ขยะติดเชื้อไว้สำหรับทั้ง “หน้ากากอนามัย” 1,000 จุด สำหรับแยกขยะติดเชื้อไปกำจัด แต่ยังพบการทิ้งปะปนในถังขยะทั่วไปทำให้มีขยะติดเชื้อเพิ่มมากขึ้นถึงวันละ 10 ตัน [3] ทำให้พนักงานเก็บขยะมีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อจากปัญหาดังกล่าว พบว่า มีจำนวนพนักงานเก็บขยะติดเชื้อ COVID-19 เป็นจำนวนมากในหลายพื้นที่ จึงเกิดปัญหาขยะตกค้างรอการจัดเก็บจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการจัดการขยะโดยเฉพาะการคัดแยกขยะตั้งแต่ต้นทาง เป็นเรื่องสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน ดังนั้นจึงควรมีแนวทางที่ชาญฉลาดหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการกับขยะทั้งก่อนและหลังระบาดของ COVID-19 [4]

2. เทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการขยะ

การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการและบริการต่าง ๆ ในศตวรรษที่ 21 ส่งผลกระทบต่อทุก ๆ ด้านในชีวิตประจำวัน รวมถึงด้านสิ่งแวดล้อม การนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยเปลี่ยนแปลงกระบวนการจัดการขยะ จะช่วยให้ระบบการจัดการขยะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในยุโรปมีการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการจัดการขยะในธุรกิจรีไซเคิล ช่วยให้สามารถนำวัสดุที่กลายเป็นของเสีย ในกระบวนการผลิตน้ำกลับมาใช้ได้มากขึ้น ช่วยลดปริมาณการขุดหาวัตถุดิบจากภายในประเทศและลดปริมาณการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ ทำให้เกิดผลดีในด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและมลภาวะด้านอากาศ นอกจากนั้นในญี่ปุ่นมีการนำเอาเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการจัดการกับขยะทั้งก่อนและหลังการระบาดของ COVID-19 เพื่อคัดแยกขยะติดเชื้อและป้องกันความเสี่ยงของพนักงานเก็บขยะ และพยายามหาศึกษาแนวทางในการจัดการขยะหลังการระบาดของ COVID-19 [4] ซึ่งบทความนี้ได้นำเสนอเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการจัดการขยะรีไซเคิลในสังคมวิถีปกติใหม่ประกอบด้วย 1) วิทยาการหุ่นยนต์ (Robotics) 2) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโครงข่ายประสาท (Artificial intelligence and neural networks) 3) เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (Internet of things) 4) การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) 5) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analytics) และ 6) แอปพลิเคชันเพื่อธุรกิจธนาคารขยะ (Application for waste bank) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 วิทยาการหุ่นยนต์ (Robotics) ความก้าวหน้าในการคัดแยกขยะ ในปัจจุบันได้พยายามพัฒนากระบวนการดังกล่าว ให้สามารถคัดแยกขยะได้โดยอัตโนมัติและมีความแม่นยำ (มากกว่าร้อยละ 90) ปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์ เทคโนโลยีดิจิทัลดังกล่าว ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมรีไซเคิลขยะเพื่อสร้างระบบการคัดแยกขยะอัตโนมัติที่มีความสามารถจำแนกและคัดแยกประเภทของขยะรีไซเคิลและวัสดุที่สำคัญผ่านอัลกอริทึมการเรียนรู้จำภาพและระบบปัญญาประดิษฐ์ [5] ร่วมกับการประยุกต์ใช้แขนหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมมาใช้จำแนกขยะหรือวัตถุดิบเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งในส่วนของ การคัดแยกขยะในสายพานลำเลียง [6],[7] และถังขยะอัจฉริยะที่สามารถแยกขยะที่ดันทาง [8] หรือระบบรวบรวมขยะอัจฉริยะ โดยใช้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการนำทางให้เดินทางตามเส้นเมื่อขยะเต็มถัง เพื่อเคลื่อนย้ายขยะไปยังจุดรวบรวมขยะโดยอัตโนมัติในอาคารคัดแยกขยะ [9] นอกจากนั้นปัจจุบันพบว่า วิถีชีวิตใหม่หลังการระบาดของ COVID-19 ในบางประเทศมีความพยายามที่จะประยุกต์ใช้วิทยาการหุ่นยนต์ในการคัดแยกขยะอันตรายหรือขยะติดเชื้อเพื่อช่วยลดความเสี่ยงของพนักงานเก็บขยะอีกด้วย [4]

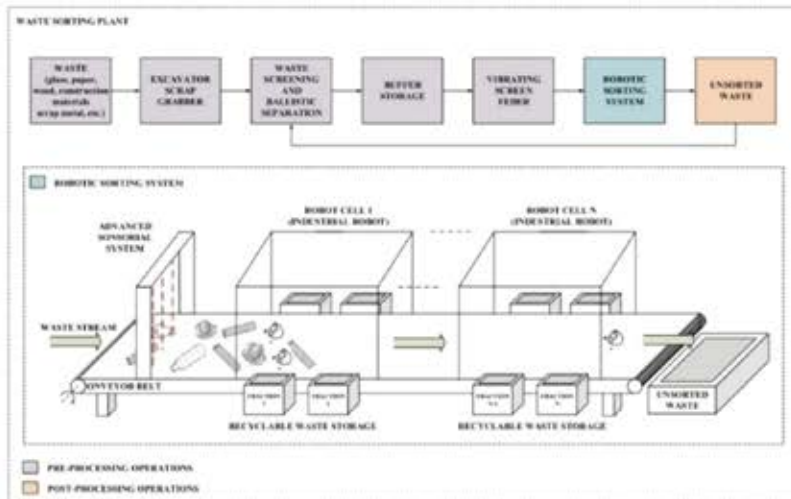


ภาพที่ 2 แขนกลหุ่นยนต์สำหรับคัดแยกขยะ [7]



บทความวิชาการ

เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการจัดการขยะในสังคมวิถีปกติใหม่



ภาพที่ 3 ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลอัตโนมัติ [5]

2.2 เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial intelligence and neural networks) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโครงข่ายประสาทเทียมเป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ตัวอย่างการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ จากตัวอย่างข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบทำให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ ประเภทของสิ่งต่าง ๆ และมีความสามารถในการรู้จำและจำแนกประเภทของสิ่งต่าง ๆ และสามารถรู้จำประเภทของขยะประเภทต่าง ๆ และรูปแบบในการจัดการขยะได้อย่างแม่นยำ [10] เช่น รถกวาดถนนอัตโนมัติขับเคลื่อนด้วยตนเอง รถบรรทุกขยะและถังขยะอัจฉริยะที่สามารถส่งเสียงเตือน การจำแนกประเภทของขยะจากความชื้นและระดับของขยะในถังขยะ [11] รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับวิทยาการหุ่นยนต์ เพื่อควบคุมให้แขนกลระบุประเภทของขยะ สามารถจัดเก็บและคัดแยกประเภทของขยะได้โดยอัตโนมัติ [6],[7]



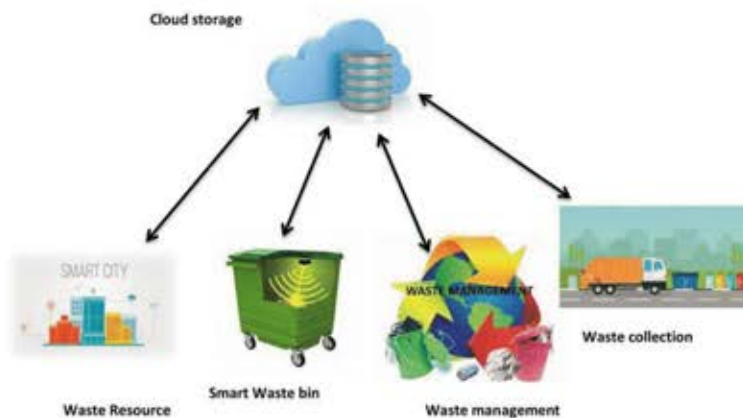
ภาพที่ 4 หุ่นยนต์เก็บขยะและหุ่นยนต์เครื่องคัดฝุ่นอัตโนมัติ [12]

2.3 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (Internet of things) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านอินเทอร์เน็ตหรือเครือข่ายอื่น ๆ ด้วยกันได้ เช่น เซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังหน่วยควบคุมกลางได้ ในถังขยะอัจฉริยะที่มีระบบระบุตัวตน ระบบชั่งน้ำหนักเซ็นเซอร์ วัดระดับเซ็นเซอร์ วัดอุณหภูมิและซอฟต์แวร์ สำหรับควบคุมการเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขนส่งขยะ [12],[13],[14]



ภาพที่ 5 ถังขยะอัจฉริยะ [15]

2.4 การประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud computing) ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์ในหน่วยย่อยต่าง ๆ ในระบบจัดการขยะโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ในยุคปัจจุบันต้องการระบบจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่สามารถรองรับการเชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการประมวลผลในหน่วยย่อยต่าง ๆ ได้แบบเรียลไทม์ ดังนั้นการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆหรือระบบคลาวด์จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อรองรับการทำงานในรูปแบบดังกล่าว เช่น การจัดการคำสั่งซื้อแบบเรียลไทม์ การวางแผนเส้นทางและการเพิ่มประสิทธิภาพ บริการลูกค้าและการตรวจสอบคำสั่งและการประเมินผลที่สามารถเชื่อมต่อและกำหนดมาตรฐาน และการปรับปรุงภายในขั้นตอนวิธีการได้ [16]



ภาพที่ 6 ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของระบบจัดการขยะ [16]

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analytics) การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมรีไซเคิลขยะเพื่อที่จะระบุรูปแบบการสกัดข้อมูล เพื่อประเมินความแตกต่างของทางเลือกสำหรับการเปลี่ยนแปลงไปสู่เศรษฐกิจรีไซเคิล เช่น การประเมินข้อมูลของเซ็นเซอร์สำหรับโรงงานคัดแยกอัตโนมัติ การรวบรวมข้อมูลโดยใช้โดรนบนที่ทิ้งขยะ การควบคุมการเผาขยะพิษ ระบบอิเล็กทรอนิกส์การย่อยสลายของการเก็บขยะ ยานพาหนะและการวางแผนเส้นทางเดินรถของรถเก็บขยะ



บทความวิชาการ

เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการจัดการขยะในสังคมวิถีปกติใหม่



ภาพที่ 7 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวางแผนเส้นทางรถจัดเก็บขยะ [17]

2.6 แอปพลิเคชันเพื่อธุรกิจธนาคารขยะ (Application for waste bank) ในหลายพื้นที่ในประเทศไทยณรงค์ให้มีการคัดแยกและรีไซเคิลขยะผ่านโครงการธนาคารขยะชุมชน ซึ่งแต่ละโครงการจะมีรูปแบบการบริหารจัดการที่ถูกประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทและสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ [18] แอปพลิเคชันเพื่อธุรกิจธนาคารขยะจึงเป็นเทคโนโลยีดิจิทัลที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการธนาคาร [19],[20] และมีกลยุทธ์ในการจัดกิจกรรมกระตุ้นให้สมาชิกมีส่วนร่วม ในการรับรู้ถึงประโยชน์จากโครงการธนาคารขยะอย่างเป็นรูปธรรม โดยการนำไปเชื่อมโยงกับกิจกรรมอื่น ๆ ที่สมาชิกจำเป็นต้องใช้อยู่แล้วในชีวิตประจำวัน การเชื่อมโยงให้สามารถนำแต้มสะสมหรือมูลค่าสะสมในธนาคารขยะของสมาชิกไปแลกเปลี่ยนกับสินค้าในร้านค้าสหกรณ์ของโรงเรียน สหกรณ์หมู่บ้านหรือแลกเปลี่ยนกับสวัสดิการอื่น ๆ ของชุมชน เช่น กองทุนฌาปนกิจศพ ประกันชีวิตหรือกองทุนน้ำมันไบโอดีเซลของชุมชน รูปแบบของการใช้งานแพลตฟอร์มมีหลากหลาย ทั้งในรูปแบบของเครื่องแลกขยะอัตโนมัติ เว็บแอปพลิเคชันและโมบายแอปพลิเคชันธนาคารขยะ [9],[21] เป็นต้น



ภาพที่ 8 เครื่องรับแลกขยะ [22] และแอปพลิเคชันรับแลกขยะ [23]

3. บทสรุป

จากภาวะปัญหาการแพร่ระบาดของ Covid-19 ทำให้ประชาชนต้องปรับเปลี่ยนวิถีการใช้ชีวิตประจำวัน การจัดการกับขยะทั้งก่อนและหลังการแพร่ระบาดของ Covid-19 จึงควรมีแนวทางที่ชาญฉลาดหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังนั้นแนวคิดด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการขยะจึงเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการจัดการขยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะรีไซเคิลในสังคมวิถีปกติใหม่ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่เพิ่มขึ้นเป็นสิ่งสำคัญ ในการเปลี่ยนการจัดการขยะไปสู่การจัดการที่ยั่งยืนมากขึ้นจะช่วยปรับปรุงเทคโนโลยีดังกล่าว การรีไซเคิลอำนวยความสะดวกในการใช้วัสดุรีไซเคิลโดยผู้ผลิต ทำให้ตัดสินใจซื้อและคัดแยกโดยผู้บริโภคได้ดีขึ้นและปรับปรุง



ทางเลือกในการจัดหาของเสียสำหรับผู้บริโภคเทคโนโลยีดิจิทัลขั้นสูงในการจัดการและบำบัดของเสีย ส่วนใหญ่ยังอยู่ในขั้นตอนการเริ่มต้นคิดค้นนวัตกรรมและโมเดลธุรกิจใหม่ ๆ เช่น แพลตฟอร์มการซื้อขายของเสียทางอิเล็กทรอนิกส์ และซอฟต์แวร์เฉพาะสำหรับการวิเคราะห์ธุรกิจขยะรีไซเคิลเทคโนโลยีดิจิทัล สามารถพบได้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการจัดการขยะ โดยมีบางส่วนที่นำไปใช้อย่างแพร่หลายแล้ว โดยมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้งานในระดับต่าง ๆ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการจัดการขยะระดับชุมชนในสังคมวิถีปกติใหม่ ควรให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของชุมชนและการกระตุ้นให้สมาชิกตระหนักถึงประโยชน์ที่จะได้รับควบคู่กันไปด้วย การเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัลขององค์กรด้านการจัดการขยะควรสอดคล้องกับแผนการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลมากขึ้นเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจหมุนเวียน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). ปัญหาสิ่งแวดล้อมขยะ. [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2564]. จาก <http://www.pcd.go.th/>.
- [2] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2557). สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก. [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2564]. จาก <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post/สวีเดนขยะเกลี้ยง-ผลิตกระแสไฟฟ้าหมด-จนต้องนำเข้า 800,000 ตัน-85>.
- [3] PPTV Online. (2564). คนเก็บขยะเสี่ยงสัมผัสเชื้อโควิด-19. [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2564]. จาก <https://www.pptvhd36.com/news/สุขภาพ/147051>.
- [4] Onoda, H. (2020). Smart approaches to waste management for post-COVID-19 smart cities in Japan. IET Smart Citie. Vol. 2 No. 2, 89-94.
- [5] Hancu, O., Rad, C. R., Lapusan, C.1 and Brisan, C. (2018). Aspects concerning the optimal development of robotic systems architecture for waste sorting tasks. In IEEE (Ed.), The 8th International Conference on Advanced Concepts in Mechanical Engineering.
- [6] Kshirsagar, P. R., Kumar, N., Almulhi, A. H., Alassery, F., Khan, A. I., Islam, S., Rothe, J. P., Jagannadham, D. B. V. and Dekeba, K. (2022). Artificial Intelligence-Based Robotic Technique for Reusable Waste Materials. Computational Intelligence and Neuroscience. Vol. 2022, 1-9.
- [7] Papadakis, E., Raptopoulos, F., Koskinopoulou, M. and Maniadakis, M. (2020). On the Use of Vacuum Technology for Applied Robotic Systems. In IEEE (Ed.) 6th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering. 73-77.
- [8] More, E. K. D., Divya, S., Kalyani, G. and Gowthami, R. (2018). Automatic Waste Segregator Bin Using Robotic ARM. 3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT-2018). 1555-1558.
- [9] Khan, R., Kumar, S., Kumar A.S., Dhingra, N., Gupta, M., Bhati, N. and Kumari, P. (2021). Machine Learning and IoT Based Waste Management Model. Computational Intelligence and Neuroscience. Vol. 2021, 1-11.
- [10] Diya, S. Z., Proma, R. A., Islam, M. N., Anannya, T.T., Mamun, A. A., Arefeen, R., Mamun, S. Al, Rahman, I. I. and Rabbi, F. (2018). Developing an Intelligent Waste Sorting System with Robotic Arm : A Step towards Green Environment. International Conference on Innovation in Engineering and Technology (ICIET), 27-29.



- [11] Kabele, K. and Urban, M. (2021). Modelling and Simulation of Autonomous Indoor Robotic Wastebin in Webots for Waste Management in Smart Buildings Modelling and Simulation of Autonomous Indoor Robotic Wastebin in Webots for Waste Management in Smart Buildings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 1251, 1-12.
- [12] Amitha, S., Raj, P. N., Sonika, H. P., Urs, S., Tejashwini, B., Kulkarni, S. A. and Jha, V. (2020). Segregated Waste Collector with Robotic Vacuum Cleaner using Internet of Things. 2020 IEEE International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cyber Security (ISSSC), 1-4.
- [13] Samonte, M. J. C., Baloloy, S. H. and Datinguinoo, C. K. J. (2021). e-TapOn : Solar-Powered Smart Bin with Path-based Robotic Garbage Collector. In IEEE (Ed.), 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications. 181-185.
- [14] Chowdhury, B. and Chowdhury, M. U. (2007). RFID-based Real-time Smart Waste Management System. 2007 Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference, 175-180.
- [15] European Environment Agency. (2021). Digital technologies will deliver more efficient waste management in Europe. [Online]. [Retrieved May 8, 2021]. from <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/digital-technologies-will-deliver-more>.
- [16] Anbumani, P., Kant, G.S.Lakshmi., Loganathan, N. and Jeevaraj, S. (2018). Android Enabled Waste Management System. International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering. 5(3),617-621.
- [17] Opendatasoft. (2020, 12 October). How data can make waste (and city) management smarter. [Online]. [Retrieved October 12, 2020]. from <https://www.opendatasoft.com/en/blog/how-data-can-make-waste-and-city-management-smarter/>.
- [18] สุณิรัตน์ ยั่งยืน จินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย ธิติรัตน์ สมบัติ และสวรงค์ ธิติสุทธิ. (2556). การวิจัยแบบมีส่วนร่วมในการจัดการธนาคารขยะของชุมชน บ้านหัวหนอง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 6(3),158-167.
- [19] พัชรภรณ์ หงษ์สืบสอง ภักธีรา จุระยศ และพลสิทธิ์ กันสนนท. (2564). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อการจัดการข้อมูลธนาคารขยะ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนมหาโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 8(1),73-86.
- [20] พิเชติ วันดี สกรณ บุษบง และเสกสิทธิ์ ดวงคำ. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการบริหารจัดการขยะแบบครบวงจรผ่านระบบคิวอาร์โค้ดขององค์การบริหารส่วนตำบลบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- [21] Alqahtani, F., Al-Makhadmeh, Z., Tolba, A., & Said, W. (2020). Internet of things-based urban waste management system for smart cities using a Cuckoo Search Algorithm. Cluster Computing, 23, 1769-1780.
- [22] ศูนย์วิจัยยุทธศาสตร์ไทย-จีน. (2562). แนวทางของจีนในการกำจัดขยะ โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมควบคู่กับการปลูกจิตสำนึกของประชาชน. [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2564]. จาก <http://www.vijaichina.com/articles/1276>.
- [23] วิทยาลัยนวัตกรรมการสื่อสารสังคม. (2563). Application: COSCI Life. [ออนไลน์]. [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2564]. จาก <http://cosci.swu.ac.th/showcase/multi-cyber-commu/2020/cosci-life>.