

เมตาเวิร์สและผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทาน

METAVERSE AND THE IMPACTS ON SUPPLY CHAIN

บุญเลิศ วงศ์เจริญแสงศิริ

Boonlert Wongcharoensangsi

คณะบริหารธุรกิจ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management

Received: November 29, 2022 / Revised: March 15, 2023 / Accepted: March 22, 2023

บทคัดย่อ

ความสนใจในเมตาเวิร์สเติบโตขึ้นอย่างกว้างขวางทั่วโลก หน่วยงานยักษ์ใหญ่ระดับโลกทั้งภาครัฐและเอกชน ให้ความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเมตาเวิร์สในอนาคต เพื่อนำไปสู่การใช้งานได้จริงทั้งในเชิงสาธารณะประโยชน์และในเชิงพาณิชย์ เมตาเวิร์สถูกมองว่าเป็นวิวัฒนาการถัดไปของอินเทอร์เน็ต ทั้งในการพัฒนาการด้าน 3 มิติ ที่ช่วยสร้างประสบการณ์ที่ดื่มด่ำและเสมือนจริงต่อผู้ใช้งาน และในการพัฒนาการด้าน Web 3.0 ซึ่งเป็นการกระจายศูนย์การควบคุมข้อมูล และสินทรัพย์บนโลกดิจิทัล ทั้งนี้หากเมตาเวิร์สทำงานร่วมกับเทคโนโลยีล้ำสมัยอื่น ๆ เช่น บล็อกเชน IOT ปัญญาประดิษฐ์ Digital Twin หรือ 5G เป็นต้น จะช่วยส่งเสริมให้กิจกรรมต่าง ๆ ในเมตาเวิร์สมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการทบทวนวรรณกรรมพบ การศึกษาการใช้ประโยชน์เมตาเวิร์สในหลายอุตสาหกรรม เช่น เกมมิ่ง การศึกษา การแพทย์สุขภาพ การค้าปลีก และการท่องเที่ยว เป็นต้น แต่ยังพบถึงการศึกษาการใช้ประโยชน์เมตาเวิร์สในโซ่อุปทานของธุรกิจไม่มาก บทความนี้ ทบทวนและศึกษาเมตาเวิร์สในเชิงแนวคิด เทคโนโลยีพื้นฐานของเมตาเวิร์ส คุณลักษณะสำคัญของเมตาเวิร์ส เทคโนโลยีสำคัญอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกันเพื่อเสริมศักยภาพของเมตาเวิร์สให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยรอบด้าน และศึกษาถึงการใช้เมตาเวิร์สให้เป็นประโยชน์ต่อห่วงโซ่อุปทาน ทั้งในมุมมองของแต่ละกิจกรรม ได้แก่ การจัดซื้อ จัดหา การผลิต คลังสินค้า และการขนส่งและกระจายสินค้า และในมุมมองผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานโดยภาพรวม

คำสำคัญ: เมตาเวิร์ส ห่วงโซ่อุปทาน ผลกระทบ

Abstract

Metaverse awareness has emerged worldwide recently. Global organizations, both public and private sectors, have begun researching and developing in technologies that will serve as the foundation for Metaverse development in order to utilize the technology for both public and commercial purposes. Metaverse is widely believed that it is the next iteration of the internet due to at least but not limit to two key aspects: the 3D virtual world which enhances immersive experience to users and the deployment of Web 3.0 which grants ownership of data and digital assets to users via decentralization. In addition, integrated cutting edge technology such

as Blockchain, IOT, AI, Digital Twin, 5G, etc. could enable and facilitate activities in Metaverse. In literature, there are many cases of usage and applications of Metaverse in various industries, such as gaming, education, healthcare, retail trade, and tourism. Nonetheless, there are few studies on application of Metaverse in business supply chain. This article reviews and studies Metaverse in concept, foundation technology, key features, and other incorporating technologies which strengthen its efficiency and versatility. Moreover, the applications of Metaverse and the impacts on the holistic supply chain management as well as on each of the supply chain activities, such as procurement, manufacturing, warehouse, transportation, and distribution are discussed.

Keywords: Metaverse, Supply Chain, Impact

บทนำ

เมตาเวิร์สหรือจักรวาลนฤมิตร ตามบัญญัติของสำนักงานราชบัณฑิตยสภา (Office of the Royal Society, 2021) เป็นคำที่กำลังได้รับความนิยมและอยู่ในกระแสความสนใจต่อโลกเป็นอย่างมาก ตั้งแต่ “เฟซบุ๊ก” ได้ประกาศอย่างเป็นทางการถึงเป้าหมายในการสร้างเมตาเวิร์ส พร้อมทั้งเปลี่ยนชื่อองค์กรเป็น “เมตา” ซึ่งมีความสอดคล้องกับเมตาเวิร์ส รวมถึงบริษัทด้านเทคโนโลยีรายใหญ่ของโลกหลายราย ก็มีทิศทางการพัฒนาองค์กรเพื่อตอบรับกับเมตาเวิร์ส ไปในทางเดียวกัน ได้แก่ Meta Google Amazon Microsoft Tencent เป็นต้น (Zuckerberg, 2021; Patterson, 2021; Palmer, 2022; Ma, 2022) หลายบริษัทยักษ์ใหญ่ของโลกมีแผนการลงทุนมหาศาลเพื่อพัฒนาขีดความสามารถขององค์กรในการรองรับธุรกิจและสังคมที่สอดคล้องกับเมตาเวิร์ส (Bret, 2022; Shunsuke, 2022) โดยแสดงความมั่นใจว่า เมตาเวิร์สจะเป็นวิวัฒนาการของอินเทอร์เน็ตในรูปแบบของ 3 มิติ และจะเป็นพื้นที่ไซเบอร์ที่ประชาชนบนโลกมนุษย์จะเข้าไปดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ หรือใช้ชีวิตอยู่ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้ชีวิต และการดำเนินธุรกิจของโลกเป็นอย่างมาก สอดคล้องกับข้อมูลของบริษัทวิจัยระดับโลกอย่างการ์ทเนอร์ ซึ่งประเมินว่าภายในปี 2569

ประชากรจำนวน 1 ใน 4 ของโลกจะใช้เวลาอย่างน้อยวันละ 1 ชั่วโมงบนโลกเมตาเวิร์ส เพื่อทำงาน ช้อปปิ้ง เรียนรู้ พุดคุย และหาความบันเทิงต่าง ๆ (Meghan, 2022)

การจัดการห่วงโซ่อุปทานมีความสำคัญกับความสำเร็จของการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างมาก (Tracey et al., 2005) การที่ผู้บริโภคมีความต้องการสินค้าและบริการที่เฉพาะตัวมากขึ้น (Christopher, 2016) ส่งผลให้ห่วงโซ่อุปทานต้องปรับตัวรับกับผู้บริโภคมากขึ้น ทั้งในด้านความสามารถในการส่งมอบสินค้า ตั้งแต่ต้นทางจนถึงมือผู้บริโภค ความสามารถในการจัดการแหล่งวัตถุดิบหรือการจัดหาสินค้า ความพร้อมในการส่งสินค้าเมื่อผู้บริโภคต้องการการจัดการช่องทางจัดจำหน่ายที่หลากหลาย ทั้งนี้การจัดการห่วงโซ่อุปทานทั้งหมดจะต้องมีประสิทธิภาพ ยืดหยุ่น และโปร่งใส (Sparks, 2010) จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า องค์ความรู้ด้านเมตาเวิร์สที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทานของสินค้าและบริการยังมีอยู่น้อย บทความนี้จึงมุ่งเน้นในการเสริมสร้างความรู้พื้นฐานเมตาเวิร์ส และความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อห่วงโซ่อุปทาน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อภาคธุรกิจในการเตรียมพร้อมรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสำคัญที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

เมตาเวิร์ส (Metaverse)

เมตาเวิร์สเป็นคำที่ถูกบัญญัติขึ้นครั้งแรกในปี 1992 โดยปรากฏอยู่ในนิยายวิทยาศาสตร์ ชื่อว่า Snow Crash (Stephenson, 1992) โดยเมตาเวิร์สเป็นชื่อของมหานครเสมือนในไซเบอร์สเปซ ซึ่งเป็นโลกคู่ขนานกับโลกมนุษย์จริงที่ยังไม่มีการบัญญัติกฎหมายขึ้นมาบังคับใช้เพื่อควบคุมการดำเนินชีวิตของประชากร มนุษย์สามารถเข้าไปใช้ชีวิตอยู่ในเมตาเวิร์สได้และมีตัวตนเสมือนอยู่ในโลกจริง Stephenson (1992) ใช้เมตาเวิร์สเป็นที่สำหรับการทดสอบคุณธรรมของมนุษย์ โดยการที่มนุษย์สามารถบัญญัติกฎหมายใหม่และทดสอบได้หลายครั้งในเมตาเวิร์ส (Boehm, 2004) หลังจากนั้นแนวคิดที่คล้ายกับเมตาเวิร์สได้ถูกประยุกต์ใช้ในการสร้างแพลตฟอร์มเกมส์ที่เป็นโลกเสมือนอย่าง Second Life (Linden Lab, 2002) และในปี 2021 Facebook ได้เปลี่ยนชื่อบริษัทของตนเองเป็น Meta ซึ่งคล้องกับคำว่า Metaverse และประกาศทิศทางขององค์กรอย่างชัดเจนว่าจะมุ่งสู่การพัฒนาเมตาเวิร์สให้เกิดขึ้นจริง (Zuckerberg, 2021) ซึ่งทำให้คำนี้เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง

แนวคิดของเมตาเวิร์ส

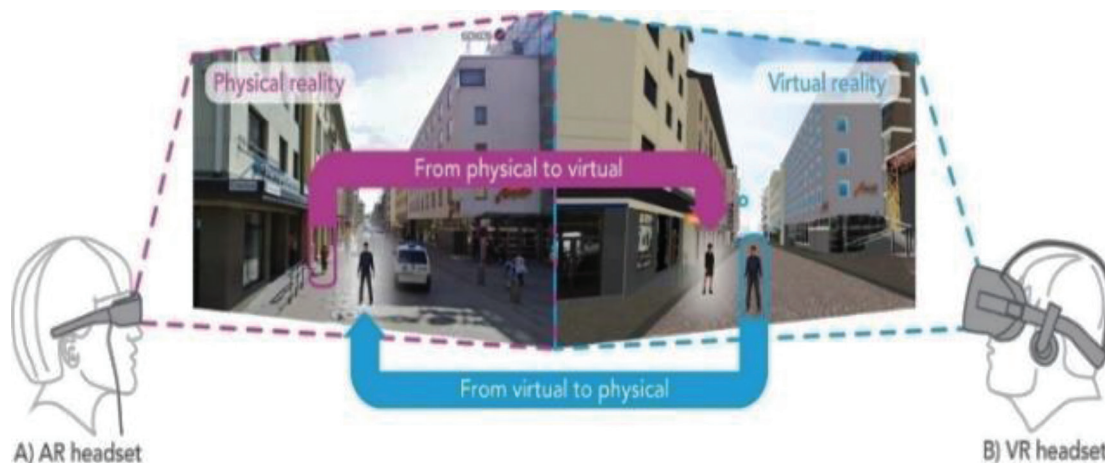
เมตาเวิร์สมีลักษณะเสมือนโลกจริงที่สามารถใช้ร่วมกันในไซเบอร์สเปซ ถูกสร้างขึ้นโดยให้โลกเสมือนเข้าใกล้ความเป็นโลกทางกายภาพ และโลกจริงทางกายภาพเข้าใกล้โลกเสมือน หรืออีกนัยหนึ่งคือ โลกเสมือนและโลกจริงทางกายภาพมาบรรจบกัน โดยให้ประสบการณ์ที่เสมือนจริง (Meghan, 2022) ปัจจุบันเมตาเวิร์สที่สมบูรณ์แบบจนถึงขั้นเป็นโลกเสมือนอีกหนึ่งใบยังไม่เกิดขึ้นจริง แต่หลาย ๆ องค์กรกำลังพยายามพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นเพื่อให้เมตาเวิร์สมีความเสมือนจริงและใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ (Janet, 2021) จึงถือได้ว่าเมตาเวิร์สยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนา ด้วยเหตุนี้เมตาเวิร์สที่กำลังถูกพัฒนาจึงอาจมีความแตกต่างและมีคุณลักษณะที่หลากหลายตามแนวคิดของผู้พัฒนาแต่ละราย และอาจมีชื่อเรียกที่แตกต่างกัน Sundar Pichai กล่าวถึงทิศทางของ

โลกอนาคตว่า คอมพิวเตอร์จะปรับตัวเข้าหาคน และคนก็จะปรับตัวเข้าหาคอมพิวเตอร์มากขึ้น กล่าวคือ มีปฏิสัมพันธ์กันมากขึ้น โดยจะมีความเสมือนจริง (Immersive) มากขึ้น โดยใช้คำว่า “Immersive Interactive Virtual World” และเป็นวิวัฒนาการของอินเทอร์เน็ต และเว็บไซต์ (Monit, 2021) สำหรับ Microsoft เมตาเวิร์สเป็นโลกดิจิทัลที่ประกอบด้วยผู้คนและสิ่งของในรูปแบบดิจิทัลดำรงอยู่และมีการดำเนินกิจกรรม สื่อสาร ทำงาน และแลกเปลี่ยนสิ่งต่าง ๆ ระหว่างกัน และสอดคล้องกับมุมมองของหลาย ๆ องค์กรว่าเมตาเวิร์สเป็นรูปแบบใหม่ของอินเทอร์เน็ต (Roach, 2021)

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

กลไกการทำงานของเมตาเวิร์สเกิดจากการสอดประสานกันของเทคโนโลยีหลายด้านเข้าด้วยกัน เทคโนโลยีหลักที่ถูกใช้ร่วมกันเพื่อพัฒนาเมตาเวิร์สให้มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้งานได้เต็มศักยภาพ ซึ่งเทคโนโลยีแต่ละด้านดังกล่าว มีความสามารถและจุดแข็งที่แตกต่างกัน จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเมตาเวิร์สในด้านที่ต่างกัน ได้แก่ Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Blockchain, 3D Modelling, Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), Spatial and Edge Computing เป็นต้น (Singh, 2022; Pearl, 2022; Top 7 Technologies that Power the Metaverse, 2021)

1. Augmented Reality (AR) และ Virtual Reality (VR) เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมด้านการรับรู้ของผู้ใช้งานและการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานเข้ากับเมตาเวิร์สอย่างไร้รอยต่อ ระบบ AR และ VR สามารถทำให้ผู้ใช้งานที่อยู่ต่างสถานที่กันในโลกทางกายภาพแสดงตนและมองเห็นกันได้ในที่เดียวกันผ่านแว่น AR/VR โดยผู้ใช้งาน AR จะสามารถเห็นวัตถุดิจิทัลเสมือนว่าวัตถุนั้นอยู่ในสถานที่ทางกายภาพจริง ๆ สถานที่เดียวกับผู้ใช้งานจริง ๆ แต่ผู้ใช้งาน AR จะเห็นวัตถุ สิ่งของดิจิทัลในสภาพแวดล้อมที่เป็นดิจิทัลทุกอย่าง ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความแตกต่างระหว่าง AR และ VR

ที่มา: Pakanen et al. (2022)

2. 3D Modelling เป็นเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กราฟฟิกที่ช่วยสร้างภาพสามมิติของวัตถุต่าง ๆ ที่ปรากฏในเมตาเวิร์ส ความสามารถของเทคโนโลยีนี้จะทำให้สิ่งที่ถูกมองเห็นในเมตาเวิร์สมีความสมจริงมากขึ้น และทำให้ประสบการณ์ของผู้ใช้ราบรื่นและสะดวกสบายมากขึ้น

3. Artificial Intelligence (AI) เป็นเทคโนโลยีหลักและมีความสำคัญสำหรับเมตาเวิร์ส ที่ช่วยให้กิจกรรมต่าง ๆ ภายในเมตาเวิร์สดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากแฮกเกอร์ เช่น ความปลอดภัยทางไซเบอร์ Interactive User Interface การแปลภาษาท่าทาง เป็นต้น

4. Internet of Things เนื่องจากเมตาเวิร์สเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันในลักษณะไร้สาย (Wireless) เป็นหลัก ระบบสมาร์ตเซ็นเซอร์ตรวจจับจึงมีส่วนสำคัญที่ช่วยให้การสั่งงาน ความเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานมีความแม่นยำและราบรื่นสมจริงมากขึ้น โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับจะทำงานร่วมกับ AI และอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น แว่น VR/AR ลำโพง หรือ Haptic Glove เป็นต้น

5. Edge Computing มีความสำคัญในการทำให้การส่งถ่ายข้อมูลในเมตาเวิร์สเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากข้อมูลที่ใช้จะมีเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากมายมหาศาล หากการส่งถ่ายข้อมูลไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้การใช้งานไม่ราบรื่น

6. Blockchain ด้วยคุณสมบัติสำคัญด้านการกระจายศูนย์ (Decentralized) ในการจัดเก็บข้อมูล ทำให้เทคโนโลยีบล็อกเชนมีความสามารถในการป้องกันการแก้ไข ปลอมแปลงข้อมูลได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในเมตาเวิร์สที่มีผู้ใช้กิจกรรมและธุรกรรมต่าง ๆ มากมาย ข้อมูลสำคัญ เช่น ความเป็นเจ้าของ NFT เหรียญคริปโต ที่ดิน สินทรัพย์ต่าง ๆ หรือข้อมูลส่วนบุคคล เป็นต้น จึงถูกเก็บและจัดการด้วยเทคโนโลยีบล็อกเชน เพื่อความมั่นใจของผู้ใช้ว่าจะไม่ถูกโจรกรรมและแก้ไข

ลักษณะของเมตาเวิร์ส

ในมิติขององค์ประกอบของเมตาเวิร์สที่การทเนอร์กำหนดขึ้น (Ashutosh, 2022) เมตาเวิร์สประกอบด้วย 1) เงินดิจิทัล 2) ตลาดดิจิทัล 3) Non-Fungible Token (NFT) 4) โครงสร้างพื้นฐาน 5) การไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่ง หรือ Device Independence 6) เกมส์ 7) สินทรัพย์ดิจิทัล 8) กิจกรรมคอนเสิร์ต สังคม และบันเทิง 9) การซื้อขายสินค้าออนไลน์ 10) สถานที่ทำงาน 11) สื่อสังคมหรือโซเชียลมีเดีย 12) มนุษย์ในรูปแบบดิจิทัล หรือ Digital Humans และ 13) การประมวลผลภาษาธรรมชาติ หรือ Natural Language Processing โดยการทเนอร์คาดการณ์ว่า องค์ประกอบเหล่านี้จะร่วมกันทำงานเพื่อส่งเสริมให้เมตาเวิร์สสามารถตอบสนองความต้องการใช้งานของมนุษย์ และทำให้

เมตาเวิร์สมีลักษณะที่เข้าใกล้ความเป็นโลกเสมือนตามนิยามของเมตาเวิร์สได้

มาร์ค ซักเกอร์เบิร์ก CEO ของ Meta ได้อธิบายถึงองค์ประกอบพื้นฐานที่จะสร้างให้เกิดเมตาเวิร์สได้ในมิติของคุณลักษณะ (Features) และกลไกการทำงาน (Functions) ของเมตาเวิร์ส ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการทำงานขององค์ประกอบทั้งหลายเข้าด้วยกันจะทำให้สามารถเข้าใจถึงเมตาเวิร์สได้ง่ายขึ้น และเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่นำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลายได้ องค์ประกอบพื้นฐานดังกล่าว ได้แก่

1. ปรากฏการณ์ (Presence) ที่ผู้ใช้งานสามารถรับรู้และรู้สึกถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในเมตาเวิร์ส เสมือนโลกจริง เช่น เห็นการแสดงออกของสีหน้าของบุคคลที่สนทนาด้วยอย่างชัดเจน เห็นการแสดงภาษากาย

2. ตัวตนจำลอง (Avatars) เป็นการนำเสนอตัวตนของผู้ใช้งานในเมตาเวิร์ส เพื่อให้ผู้อื่นเห็นในรูปลักษณะต่าง ๆ ตามต้องการตัวตนจำลองที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นลักษณะ 2 มิติ อาจเป็นรูปการ์ตูน หรือรูปถ่ายที่เป็นภาพนิ่งหรือสามารถเคลื่อนไหวได้เล็กน้อยด้วยเทคนิคคอมพิวเตอร์กราฟิก แต่ในเมตาเวิร์สตัวตนจำลองของผู้ใช้งานจะเป็น 3 มิติ มีรูปร่างหน้าตาตามต้องการ และสามารถออกแบบได้ สามารถเคลื่อนไหวได้เสมือนตัวตนจริง และสามารถเปลี่ยนแปลงตัวตนจำลองไปในรูปลักษณะต่าง ๆ ได้ตามแต่ละสถานการณ์ เช่น ในสถานการณ์ทำงาน ตัวตนจำลองจะเป็นรูปลักษณะทางการ ในการเล่นเกมส์ รูปลักษณะของตัวตนจำลองก็เปลี่ยนเป็นหุ่นยนต์ หรือในการไปเที่ยวสังสรรค์ รูปลักษณะอาจจะมีหนวด ทำผมสี ๆ แปลก ๆ ที่ไม่เคยทำด้วยคุณลักษณะนี้จึงเอื้อต่อการนำไปประยุกต์ใช้ดำเนินธุรกิจโดยการออกแบบและสร้างตัวตนจำลองในหลากหลายรูปแบบเพื่อขายให้กับลูกค้าที่มีความต้องการเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน

3. พื้นที่บ้าน (Home Space) คือ การมีพื้นที่ส่วนตัว เปรียบเสมือน Homepage ในเว็บไซต์ที่อยู่ในอินเทอร์เน็ต เราสามารถสร้างพื้นที่ขึ้นมาเป็นของตัวเองในเมตาเวิร์สได้ เช่น สร้างบ้านตัวเอง ให้มีสวนหลัง

บ้านใหญ่ ๆ หรือมีห้องนอนที่มองออกไปเห็นวิวทะเล ได้ยินเสียงทะเลได้ ทั้งนี้พื้นที่ส่วนตัวที่สร้างขึ้นในเมตาเวิร์สที่มีอยู่ปัจจุบันอาจมีค่าใช้จ่ายหรือไม่มีขึ้นอยู่กับนโยบายของเจ้าของแพลตฟอร์ม

4. สินค้าและเนื้อหาดิจิทัล (Virtual Goods and Digital Content) ต่าง ๆ ที่เคยแสดงผ่านหน้าจอโทรทัศน์ จะไม่ต้องใช้โทรทัศน์แล้ว แต่จะผ่านเทคนิคโฮโลแกรม (Hologram) แทน โดยโฮโลแกรม คือ การสร้างภาพ 3 มิติขึ้นให้สามารถมองเห็นได้แต่ไม่สามารถสัมผัสได้ (Abbasi et al., 2014) แต่ปัจจุบันก็มีความพยายามทำให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพ 3 มิติจากโฮโลแกรม และสามารถรับรู้สัมผัสหรือลิ้มรสถึงวัตถุนั้นได้ไปพร้อมกัน ซึ่งเป็นการใช้ Haptic Feedback Technology และเทคโนโลยีด้านวัสดุศาสตร์เข้ามาช่วยเพื่อจำลองความรู้สึกให้เหมือนการสัมผัสวัตถุจริง (Adamos, 2021; Biswas, 2021) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในอนาคตมนุษย์จะสามารถรับรู้สัมผัสได้จริงในเมตาเวิร์ส จากคุณลักษณะและกลไกการทำงานดังกล่าว ทำให้ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ เพื่อแสดงในโลกจริงได้ เช่น การสร้างงานศิลปะหรือภาพยนตร์สั้นเพื่อนำมาแสดงข้างถนน โดยผู้คนที่เดินผ่านไปมาสามารถเห็นได้ผ่านอุปกรณ์ AR ซึ่งจะเกิดประสบการณ์ที่มีความเหมือนจริงและไร้รอยต่อระหว่างโลกดิจิทัลและโลกจริงมากขึ้น

5. การเคลื่อนย้ายสาร (Teleport) หรือ เทเลพอร์ต ในบริบทของเมตาเวิร์สหรือโลกดิจิทัลเป็นการเคลื่อนย้ายวัตถุหรือตัวตนเสมือนทางดิจิทัลจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่หนึ่งอย่างรวดเร็วโดยไม่มีข้อจำกัดของระยะทาง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญเมื่ออยู่ในไซเบอร์สเปซเหนือโลกจริง เมื่อต้องการประชุมก็เทเลพอร์ตไปยังห้องประชุม ซึ่งก็เป็นอีกห้องหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับการประชุม เมื่อต้องการไปซื้อสินค้าที่ห้างสรรพสินค้าดิจิทัลก็สามารถเทเลพอร์ตไปได้อย่างรวดเร็วเปรียบเสมือนการคลิกลิงก์ในอินเทอร์เน็ตเพื่อเข้าสู่หน้าเว็บเพจต่าง ๆ โดยที่ผู้ใช้งานนั่งอยู่ในสถานที่เดิม

6. ความสามารถทำงานร่วมกัน (Interoperability) คือ ความสามารถในการใช้วัตถุ สิ่งของ หรือสินทรัพย์ในโลกดิจิทัลข้ามแพลตฟอร์มในโลกดิจิทัลสินทรัพย์ที่มีการซื้อขายในแพลตฟอร์มใด ๆ อาจถูกจำกัดการใช้งานแค่ในแพลตฟอร์มนั้น ๆ และไม่สามารถนำไปใช้ในแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สอื่น ๆ ได้ ซึ่งเป็นการปิดกั้นการใช้งานและเป็นอุปสรรคต่อการเติบโตของโลกเมตาเวิร์สเป็นอย่างมาก เนื่องจากหากผู้ใช้งานต้องการใช้งานแพลตฟอร์มหลายแพลตฟอร์มจะต้องมีต้นทุนในการซื้อสินทรัพย์ในแต่ละแพลตฟอร์มแยกกันทำให้เกิดต้นทุนสูงขึ้นเกินจำเป็น อีกเหตุผลหนึ่งที่สนับสนุนความสามารถในการทำงานร่วมกันของสินทรัพย์ดิจิทัลข้ามแพลตฟอร์มเกิดจากแนวคิดที่สินทรัพย์ดิจิทัล หรือเนื้อหาดิจิทัลที่ถูกสร้างขึ้นเป็นสมบัติของผู้ออกแบบและผู้พัฒนาสินทรัพย์นั้น ๆ ซึ่งเมื่อมีการซื้อขายระหว่างเจ้าของผู้ออกแบบและผู้ซื้อกรรมสิทธิ์ของสินทรัพย์นั้นควรเป็นของผู้ซื้อสินทรัพย์ ไม่ใช่เป็นของเจ้าของแพลตฟอร์มใดแพลตฟอร์มหนึ่ง (Gent, 2021) ซึ่งควรจะสามารถนำไปใช้งานในเมตาเวิร์สได้ทุก ๆ แพลตฟอร์ม เช่น เมื่อซื้อเสื้อในแพลตฟอร์มหนึ่งผู้ซื้อจะสามารถนำเสื้อนี้ไปใช้ในแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สอื่นได้ด้วย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันความสามารถในการทำงานร่วมกันระหว่างแพลตฟอร์มเมตาเวิร์สที่สมบูรณ์แบบยังเป็นเรื่องที่ท้าทายและต้องการการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีประสิทธิภาพอีกมาก เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านเทคนิคที่แตกต่างกันของแต่ละแพลตฟอร์มที่ถูกสร้างขึ้น (The Issue of Metaverse Interoperability, 2022)

7. ความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัย (Privacy and Safety) เป็นความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ทั้งในโลกทางกายภาพ และโลกเสมือนอย่างเมตาเวิร์ส ในเมตาเวิร์สผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ว่า จะอยู่ที่ไหน เมื่อไหร่ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่สาธารณะ หรือพื้นที่ส่วนตัว โดยสามารถตั้งค่าความเป็นส่วนตัวของสิ่งของต่าง ๆ ได้ในประเด็นนี้ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) ก็เป็นเรื่องหนึ่งที่สำคัญมาก ๆ

เพราะเมื่อมีผู้ใช้งานในเมตาเวิร์สจำนวนมาก ก็ย่อมมีกิจกรรมต่าง ๆ เกิดขึ้น มีสินทรัพย์ดิจิทัลในรูปแบบของโทเคน (Token) ทั้งที่เป็น Fungible Token (FT) และ Non-fungible Token (NFT)

ปัจจุบันรูปแบบการกิจกรรมทางไซเบอร์หลัก ๆ ก็เป็นการขโมยข้อมูล แก้ไขข้อมูล หรือเข้าใช้บัญชีดิจิทัลเพื่อปลอมตัว และดำเนินการต่าง ๆ เช่น ยืมเงิน หรือพฤติกรรมที่เสียหายในเมตาเวิร์สการกิจกรรมอาจเพิ่มความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อขโมยสินทรัพย์ดิจิทัล หรือการปลอมตัวตน เป็นต้น

8. การเชื่อมต่อที่เป็นธรรมชาติ (Natural Interface) เป็นคุณลักษณะสำคัญที่จะตัดสินว่าเมตาเวิร์สจะได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานทั่วโลกหรือไม่ ซึ่งความสามารถในการสั่งงานหรือบังคับใช้ในเมตาเวิร์สที่มีลักษณะใกล้เคียงกับธรรมชาติของมนุษย์ จะช่วยให้เกิดการยอมรับต่อเทคโนโลยีนี้ได้ง่ายและรวดเร็ว ตามโมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (Adams et al., 1992) ดังนั้นการสั่งงานในเมตาเวิร์สที่จะเกิดขึ้นจะไม่ใช่แค่การคลิกหรือลากเมาส์ แต่สามารถทำได้หลายวิธี เช่น กระดิกนิ้ว เคลื่อนมือ หรือแม้กระทั่งแค่การคิด

ในปัจจุบันผู้ใช้งานเมตาเวิร์ส สามารถเข้าใช้งานผ่านอุปกรณ์แว่น AR หรือ แว่น VR ได้ อย่างไรก็ตามการเข้าสู่เมตาเวิร์สหรือการใช้งาน VR ยังมีความท้าทายและอุปสรรคอยู่มากในด้านความสะดวกและประสิทธิภาพในการใช้งานอุปกรณ์ (Xi & Chen, 2022) และผลกระทบอันไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นต่อผู้ใช้ เช่น ความไม่สบายทางสายตาที่เกิดจากการกระตุ้นของภาพที่มองผ่านอุปกรณ์ AR, VR ผู้ใช้บางคนอาจมีอาการปวดตา เวียนหัว หรืออาเจียนหากใช้อุปกรณ์เป็นระยะเวลานาน (Huang & Liao, 2015) ในอนาคตอาจมีผู้พัฒนาการเข้าใช้งาน Virtual Reality ซึ่งมีลักษณะคล้ายเมตาเวิร์สผ่านช่องทางอื่นด้วยเทคโนโลยีหนึ่งในเทคโนโลยีที่ตอบสนองการเข้าใช้งานผ่านช่องทางอื่น ได้แก่ Brain-Computer Interfaces (Golembiewski, 2020) โดย Neural Link เป็นต้น

(Rolfe, 2017) อย่างไรก็ตามเมื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้รับการพัฒนามากพอก็จะสามารถรองรับเมตาเวิร์สได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้ประโยชน์ได้อย่างแพร่หลายมากขึ้น

ห่วงโซ่คุณค่าของเมตาเวิร์ส (Value Chain of Metaverse)

Radoff (2021) ได้อธิบายเมตาเวิร์สในมุมมองของห่วงโซ่คุณค่าด้านการตลาด ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ตั้งแต่การสร้างประสบการณ์ที่ผู้ใช้ต้องการ ย้อนไปถึงโครงสร้างพื้นฐานซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 7 ชั้น ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มองค์ประกอบของเมตาเวิร์สที่ Radoff (2021) อธิบายไว้ ออกเป็น 3 กลุ่มตามหน้าที่หลักดังนี้ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของเทคโนโลยีที่ประกอบขึ้นเพื่อสร้างกลไกของเมตาเวิร์ส 4 ชั้นด้านในสุดของลูกบอล ได้แก่ การคำนวณเชิงพื้นที่ (Spatial Computing) การกระจายศูนย์ (Decentralization) การเชื่อมต่อกับมนุษย์ (Human Interface) และโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) กลุ่มสองเป็นชั้นของผู้สร้างเนื้อหาขึ้นในเมตาเวิร์ส เศรษฐกิจโดยผู้สร้างสรรค์ (Creator Economy) ซึ่งมีความสำคัญในการเชื่อมโยงความสามารถทางเทคโนโลยีในกลุ่มแรก เข้ากับกลุ่มที่สามหรือกลุ่มสุดท้าย ซึ่งเป็นกลุ่มชั้นที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้ใช้จำนวนมากที่สุด ได้แก่ ประสบการณ์ (Experience) การค้นพบ (Discovery)

จากลักษณะและห่วงโซ่คุณค่าของเมตาเวิร์ส ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ หลากหลาย ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เมตาเวิร์สมีคุณค่าเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากต่อสังคมมนุษย์ในปัจจุบันคือ ความสามารถในการเชื่อมต่อกับโลกความเป็นจริงได้ เพราะถ้าเมตาเวิร์สเป็นเพียงโลกเสมือนที่คู่ขนานไป ไม่เชื่อมกันกับโลกกายภาพของมนุษย์ เมตาเวิร์สก็จะเปรียบเสมือนประเทศเพื่อนบ้านอีกหนึ่งประเทศที่มนุษย์สามารถเดินทางไปท่องเที่ยวรับประสบการณ์ได้ แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถนำสิ่งของหรือสินค้าใด ๆ กลับมาใช้ได้ในทางกลับกัน หากเมตาเวิร์สสามารถเชื่อมต่อกับโลก

จริงทางกายภาพได้ ก็เหมือนการเปิดพรมแดนการค้าเพื่อแลกเปลี่ยนสินค้าต่าง ๆ สินค้าที่ซื้อขายในเมตาเวิร์สสามารถถูกนำกลับมาใช้ได้ในโลกจริง หรือสินค้าที่มีอยู่ในโลกกายภาพก็สามารถถูกนำไปขายในโลกเสมือนได้เช่นกัน ซึ่งน่าจะส่งผลให้เกิดความสะดวกในการซื้อขายสินค้าเป็นอย่างมาก ถือเป็นเครื่องมืออันทรงพลังต่อความเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจของโลกได้

ผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานของสินค้าและบริการโดยเมตาเวิร์ส

การที่เมตาเวิร์สมีคุณลักษณะและความสามารถที่จะรองรับการใช้งานของมนุษย์ได้หลากหลายผ่านโลกเสมือน เมตาเวิร์สจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในห่วงโซ่อุปทานของสินค้าและบริการ โดยประยุกต์ใช้ในระดับที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมและความพร้อมของเทคโนโลยีและระบบนิเวศของการใช้งาน ความสามารถของเมตาเวิร์สที่จะช่วยให้ห่วงโซ่อุปทานทำงานง่ายขึ้น ได้แก่

การเชื่อมต่อข้อมูลอย่างรวดเร็วตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน ช่วยทำให้เกิดการมองเห็นข้อมูล (Supply Chain Visibility) และความเปลี่ยนแปลงของความต้องการของผู้ซื้อ และความสามารถในการส่งมอบสินค้าของแต่ละผู้ให้บริการตลอดเวลา (Scaff, 2022) ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบของ Bullwhip Effect ที่เป็นจุดอ่อนของการจัดการห่วงโซ่อุปทานทั่วโลกเป็นอย่างมาก

การจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องด้วยความสามารถต่าง ๆ ได้แก่ (Viswanathan, 2022)

1. Data Portability การส่งถ่ายข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชัน ซอฟต์แวร์ หรือแหล่งจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ชนิดต่าง ๆ แบบไร้รอยต่อ (Seamless)

2. Interoperable Data คือ การที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงและใช้งานข้อมูล และประมวลผลข้อมูลร่วมกันได้ในทุก ๆ แพลตฟอร์ม หรือแอปพลิเคชันเป็นคุณลักษณะของข้อมูลที่มีความใกล้เคียง และเกิดร่วมกันกับ Data Portability

3. Data Ownership คือ สิทธิของข้อมูลที่เกิดขึ้นในเมตาเวิร์ส ซึ่งจะต้องมีการกำหนดแนวทางกฎหมายรองรับความเป็นเจ้าของข้อมูลและสิทธิในการใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นนี้ในเมตาเวิร์สข้อมูลจากการใช้งานจะเกิดขึ้นจำนวนมากมายอย่างรวดเร็วในลักษณะของ Big Data (Bibri et al., 2022)

หากขาดการควบคุมสิทธิการใช้งานอาจเกิดความยุ่งยากและการละเมิดสิทธิเป็นวงกว้างและก่อให้เกิดอุปสรรคที่สำคัญต่อการใช้เมตาเวิร์สอย่างมีประสิทธิภาพ

4. Engineering Raw Data เมื่อเกิดข้อมูลขึ้นจำนวนมาก วิศวกรรมข้อมูล (Data Engineering) จึงต้องพัฒนาความสามารถในการจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพให้ข้อมูลถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างราบรื่น

กิจกรรมของห่วงโซ่อุปทานที่ได้รับประโยชน์จากเมตาเวิร์ส

ห่วงโซ่อุปทานประกอบด้วยกิจกรรมหลากหลายที่ทำหน้าที่ผลิตสินค้าโดยเริ่มตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบตลอดจนสินค้าถูกส่งมอบให้ผู้บริโภค กิจกรรมหลักของห่วงโซ่อุปทานที่สามารถใช้ประโยชน์และได้รับผลกระทบจากเมตาเวิร์ส ได้แก่

1. การจัดซื้อจัดหา ด้วยการอาศัยความสามารถในการจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพดังกล่าวข้างต้น (Viswanathan, 2022) ช่วยทำให้การจัดซื้อจัดหาตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทานมีความโปร่งใส (Transparency) มองเห็นความเป็นไปของกิจกรรมต่าง ๆ (Visibility) และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Responsiveness) ได้ดีขึ้น ตัวอย่างเช่น การเจรจาต่อรองราคาระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลต้นทุนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานสามารถนำมาคิดวิเคราะห์ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น Smart Contract ที่ถูกนำมาใช้ในเมตาเวิร์ส จะช่วยให้ข้อตกลงในการจัดซื้อดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว ลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น ลดความ

ผิดพลาดในการบังคับใช้ข้อตกลง ทำให้เกิดความมั่นใจในการทำธุรกรรมจัดซื้อจัดหาได้มากขึ้น

นอกจากนี้ Virtual Sourcing จะเป็นทางเลือกในการจัดซื้อจัดหาได้เป็นอย่างดี โดยผู้ซื้อสามารถมองเห็น และมีปฏิสัมพันธ์กับสินค้าที่อยู่ในรูปแบบ Virtual แบบ 3 มิติ ทำให้เข้าใจตัวสินค้าและสามารถตัดสินใจได้ง่ายขึ้น แตกต่างจากอดีตที่การซื้อสินค้าออนไลน์สามารถมองเห็นสินค้าในรูปแบบ 2 มิติเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ห้องแสดงสินค้าในรูปแบบ 3 มิติของอาลีบาบา ที่ผู้ซื้อสามารถตรวจสอบดูสินค้าได้อย่างละเอียดผ่านเทคโนโลยี VR (Wang, 2016) การพัฒนา Software การจัดซื้อจัดหาของ SAP เพื่อรองรับการใช้ VR/AR และการเจรจาสัญญาซื้อขาย (Gramlich, 2022; Levchenko et al., 2021) ประโยชน์ของเมตาเวิร์สสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมจัดซื้อจัดหาซึ่งครอบคลุมถึงการจัดซื้อวัตถุดิบในตอนต้นของห่วงโซ่อุปทาน ตลอดจนการขายสินค้าให้กับผู้บริโภคในส่วนท้ายของห่วงโซ่อุปทานด้วย ซึ่งการนำเมตาเวิร์สมาใช้ในการขายสินค้าช่วยสร้างประสบการณ์ที่แตกต่างให้กับลูกค้ามากกว่าแค่การสื่อสารในรูปแบบเก่าที่มีแค่รูปภาพ วิดีโอ 2 มิติ การสื่อสารผ่านข้อความแชทเป็นต้น (Jeong et al., 2022)

2. การผลิตการออกแบบและสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เมตาเวิร์สร่วมกับ AR/VR เพื่อจำลองหน้าตาของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสนใจ และมีความต้องการอย่างแท้จริง เมื่อได้ต้นแบบที่ลูกค้าต้องการแล้วจึงดำเนินการวางแผนจัดซื้อ จัดหาวัตถุดิบตลอดจนกระบวนการผลิตเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า (Kathiala, 2022) ซึ่งต่างจากอดีตที่ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่สามารถรู้ความต้องการที่แท้จริงจนกว่าสินค้าจะถูกวางขายในตลาด

การออกแบบกระบวนการผลิตในเมตาเวิร์ส ผู้ออกแบบกระบวนการผลิตสามารถศึกษาสถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นด้วยการจำลองสถานการณ์ในเมตาเวิร์ส เช่น การจำลองการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ที่ใช้ในการผลิต เพื่อประเมินเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

แต่ละเส้นทาง และตรวจสอบการชนสิ่งกีดขวางที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่โรงงานในขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่ ก่อนที่จะดำเนินการผลิตจริง ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ช่วยลดของเสียจากการผลิต ทำให้ลดต้นทุนโดยรวมและส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมได้ (Alpala et al., 2022)

การบำรุงรักษา (Maintenance) ที่ใช้เทคโนโลยี Digital Twin เข้ามาช่วยสร้างโรงงานฝาแฝด จะช่วยให้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในโลกเสมือน (Singh et al., 2022) รวมถึงการเก็บข้อมูลการปฏิบัติงาน และสถานะแวดล้อมที่เกิดขึ้นของเครื่องจักร เช่น อุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิของน้ำมันเครื่อง แรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักร แรงกระแทกที่เกิดในขณะปฏิบัติงาน การกีดร่อนจากสารเคมี เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้สามารถทำนายอายุการใช้งานของเครื่องจักร และใช้ทำการซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์และเชิงป้องกัน (Predictive and Preventive Maintenance) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. คลังสินค้า

การออกแบบคลังสินค้าหรือวิธีการปฏิบัติงานในคลังสินค้า โดยใช้ VR/AR ช่วยในการจำลองสถานการณ์และทดสอบประสบการณ์การปฏิบัติงาน เพื่อประเมินผลและประสิทธิภาพก่อนที่จะสร้างคลังสินค้าขึ้นจริง ๆ หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการปฏิบัติงานตามที่ออกแบบไว้ ผู้ออกแบบสามารถจำลองแผนผังการจัดวางพื้นที่กลุ่มสินค้า ขนาด และตำแหน่งชั้นวางสินค้า ตลอดจนทดสอบวิธีการจัดเก็บ เคลื่อนย้าย ขนถ่ายสินค้าที่มีรูปทรง น้ำหนักต่าง ๆ กับอุปกรณ์เสมือนได้ และสามารถปรับเปลี่ยนการออกแบบได้จนกว่าจะได้ผลการทดสอบในสถานการณ์จำลองเป็นที่พอใจ จึงตัดสินใจปรับเปลี่ยนหรือดำเนินการก่อสร้าง (Kovács, 2021; Stoltz et al., 2017; Hassan et al., 2015)

การควบคุมการปฏิบัติงานภายในคลังสินค้าแบบทางไกลในเมตาเวิร์ส โดยผู้ควบคุมหรือผู้ติดตามสามารถเฝ้าติดตามสถานการณ์ หรือควบคุมการปฏิบัติงาน

ผ่านคอมพิวเตอร์ทางไกล ทั้งนี้ต้องอาศัยเทคโนโลยี 5G และ IoT ร่วมด้วย เนื่องจากเทคโนโลยี 5G มีเวลาหน่วง (Latency) ที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับเทคโนโลยี 4G ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมเครื่องจักรทางไกลแบบ Real Time

การฝึกอบรมการปฏิบัติงานในคลังสินค้า หรือศูนย์กระจายสินค้า สามารถใช้ประโยชน์จากเมตาเวิร์สได้โดยการสร้างสถานที่อุปกรณ์หรือวัตถุจำลองขึ้นในลักษณะ 3 มิติ หรือแม้กระทั่งสร้างสถานการณ์จำลองขึ้น เช่น การขับรถฟอร์คลิฟท์ขนถ่ายสินค้าไปยังสถานที่ต่าง ๆ ในคลังสินค้า การเคลื่อนไหว การควบคุมยานพาหนะ หรือการฝึกหยิบสินค้า (Order Picking) บนชั้นวางตามใบสั่งของ เป็นต้น เพื่อให้พนักงานใหม่ได้เรียนรู้ ทดลองปฏิบัติงานได้รวดเร็วขึ้น ช่วยให้ผู้ควบคุมหรือผู้สอน วิเคราะห์จุดผิดพลาดหรือจุดเสี่ยง ช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้หากฝึกปฏิบัติงานในสถานที่จริงโดยไม่ได้ผ่านการฝึกซ้อมในเมตาเวิร์สมาก่อน ทั้งนี้ผลพลอยได้อีกด้านหนึ่งคือความสามารถในการฝึกอบรมพนักงานได้จำนวนมากขึ้น โดยไม่ต้องใช้เครื่องจักรอุปกรณ์จริง จึงไม่ส่งผลกระทบต่อชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร (Downtime) อีกด้วย นอกจากนี้เมตาเวิร์สยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการฝึกอบรมในกิจกรรมของโซ่อุปทานอื่น ๆ ได้ด้วย ซึ่งรวมถึงการขนส่ง การผลิต เช่น การฝึกขับรถบรรทุก หรือการฝึกประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักร เป็นต้น

4. การขนส่งและกระจายสินค้า ได้รับผลกระทบจากเทคโนโลยีเมตาเวิร์สในหลายแง่มุม โดยพื้นฐานการขนส่งเกี่ยวข้องกับสินค้า หรือวัตถุที่อยู่บนโลกจริงโดยตรง แต่ด้วยคุณลักษณะและความสามารถของเมตาเวิร์สที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นวัตถุต่าง ๆ ในโลกเสมือน รวมถึงความสามารถในการจำลองและควบคุมโลกเสมือนที่เชื่อมต่อกับโลกจริงได้ เมตาเวิร์สจึงเป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพให้การขนส่งอย่างมาก (Lahoti, 2022) เช่น

การบรรจุและโหลดสินค้าในรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติหรือโดรนเพื่อส่งสินค้าไปสู่ลูกค้า

ปลายทาง (Lee et al., 2021) ร่วมกับระบบการจัดการขนส่งแบบอัจฉริยะด้วยข้อมูล (Data-driven Intelligent Transportation Systems: DDITS) (Njoku et al., 2022) ด้วยการใช้ข้อมูลประกอบกับ Algorithm เพื่อพัฒนาระบบ AI ที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะอัตโนมัติ ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนดเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง เช่น ประสิทธิภาพของระบบการปฏิบัติงาน เงื่อนไขด้านสังคมและอนามัย รวมถึงข้อบังคับทางกฎหมาย (Pamucar et al., 2022)

การแก้ปัญหาการโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง การติดขัดของจราจร ความยากในการจอดรถ โดยการใช้ความสามารถด้านการมองเห็นโลกจริงแบบ 3 มิติผ่านทางโลกเสมือน

การจัดการการขนส่งหลายรูปแบบ (Multi-modal Transportation) ที่ประกอบด้วยรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ทางถนนโดยรถบรรทุก รถแท็กซี่ ทางรางโดยรถไฟ ทางอากาศ และทางน้ำ เป็นต้น โดยเมตาเวิร์สสามารถทำงานร่วมกับเทคนิค Optimization เพื่อบริหารการปฏิบัติการระหว่างรูปแบบการขนส่งให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ด้วยการอาศัยเทคโนโลยี Digital Twin ที่ถูกนำมาใช้ในเมตาเวิร์ส ร่วมกับเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น บล็อกเชน สัญญาอัจฉริยะ เป็นต้น ทำให้เกิดความโปร่งใสและความเชื่อมั่นในความถูกต้องของการสอบย้อนกลับสินค้า หรือวัตถุดิบต่าง ๆ ตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง ช่วยลดระยะเวลาในแต่ละกระบวนการ เช่น ขั้นตอนการตรวจสอบเอกสาร พิธีทางศุลกากรระหว่างการนำเข้าส่งออกสินค้า (Copigneaux et al., 2020; Lv et al., 2022)

Digital Twin ยังสามารถถูกนำไปใช้ร่วมกับเมตาเวิร์ส และ AI ในการประมวลผลข้อมูล การจราจร และสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกจริงแล้วตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการเดินทางขนส่งสินค้าได้ เช่น เมื่อพบว่าสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่บนถนน ระบบสามารถแจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้องให้ใช้เส้นทางอื่นที่ดีกว่า หรือดำเนินการจัดการสิ่งกีดขวางได้อย่างรวดเร็ว

นอกจากนี้ Digital Twin ในเมตาเวิร์สยังสามารถประมวลผลข้อมูลและทำนายพฤติกรรมการใช้ถนนและจุดที่อาจเกิดความเสียหาย เพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงถนนได้อย่างรวดเร็ว (Pittman, 2022)

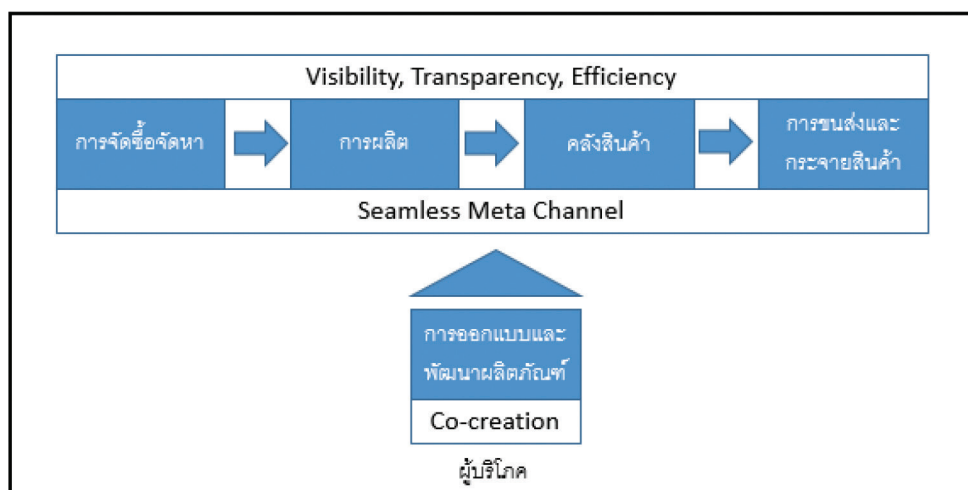
นอกจากการช่วยให้การขนส่งง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นดังกล่าวแล้ว เมตาเวิร์สยังส่งผลต่อปริมาณความต้องการการเดินทางและการขนส่งในอนาคตอีกด้วย โดยการทเนอร์ได้คาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ. 2037 ความต้องการการเดินทางของมนุษย์และการขนส่งสินค้าจะลดลงจำนวนมาก เนื่องจากความสามารถของเมตาเวิร์สที่พัฒนาขึ้นจนมนุษย์สามารถมองเห็นวัตถุสิ่งของหรือสถานที่ในระยะไกลมากผ่านโลกเสมือนในเมตาเวิร์ส (Templeman, 2022) เมื่อความต้องการเปลี่ยนไป รูปแบบการจัดการการขนส่ง การเสนอขายสินค้า รวมถึงการจัดส่งสินค้าและการเคลื่อนย้ายมนุษย์จึงต้องได้รับผลกระทบอย่างแน่นอน

ผลของเมตาเวิร์สต่อห่วงโซ่อุปทานโดยรวม

จากการศึกษาคุณลักษณะและความสามารถของเมตาเวิร์สพบว่า การนำเมตาเวิร์สและเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น บล็อกเชน สมาร์ทคอนแทรค Big Data Analytics, 5G, Internet of Things, AR/VR, Digital Twin และ AI เป็นต้น มาใช้ร่วมกันจะส่งผลดีต่อกิจกรรมในห่วงโซ่อุปทาน ดังแสดงในภาพที่ 2 ตั้งแต่ 1) การจัดซื้อจัดหา 2) การผลิต 3) คลังสินค้า และ 4) การขนส่งและกระจายสินค้า นอกจากนี้ยังส่งผลด้านบวกต่อห่วงโซ่อุปทานโดยภาพรวมซึ่งเกิดจากการบริหารจัดการกิจกรรมทุก ๆ กิจกรรมให้สอดคล้องกัน ได้แก่ 1) การเพิ่มความสามารถในการมองเห็นและติดตามภายในห่วงโซ่อุปทาน (Visibility) เมตาเวิร์สจะช่วยให้ผู้บริหารจัดการมองเห็นความเป็นไปของความต้องการสินค้า สถานะการผลิต และการขนส่งได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามเมตาเวิร์สไม่ได้มีคุณสมบัติที่จะทดแทนความสามารถการส่งผ่านและประมวลผลข้อมูลตัวเลขผ่านระบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น การจัดการผ่านแผงควบคุม (Dashboard) หรือระบบ

ธุรกิจอัจฉริยะ (Business Intelligence) เป็นต้น แต่ช่วยส่งเสริมให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบมีความใกล้เคียงความจริงในปัจจุบัน (Real Time) มากขึ้น เนื่องจากการใช้งานของผู้ที่อยู่นำงานทั้งลูกค้าและผู้ปฏิบัติงาน จึงช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็นข้อมูลและสถานะการปฏิบัติงาน (Visibility) ของโซ่อุปทานให้ดีขึ้น 2) การเพิ่มความโปร่งใส (Transparency) ด้วยการใช้เมตาเวิร์สร่วมกับบล็อกเชน และสมาร์ตคอนแทรค จะทำให้การเก็บบันทึกข้อมูลธุรกรรมการซื้อขาย กิจกรรมต่าง ๆ ในโซ่อุปทานอยู่ในระบบที่ไม่สามารถแก้ไขโดยบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้ โดยง่าย ข้อมูลที่ถูกบันทึกในบล็อกเชน และเมตาเวิร์สจึงมีความโปร่งใสและน่าเชื่อถือ ทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขที่เมตาเวิร์สทำงานในรูปแบบของ Web 3.0 (Abrol, 2022) 3) เพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) ในการบริหารจัดการ เนื่องจากเมตาเวิร์สช่วยเพิ่มขีดความสามารถของกิจกรรมโลจิสติกส์ และการส่งต่อข้อมูลแบบ Real Time มากขึ้น ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกัน (Collaboration) ระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องภายในโซ่อุปทาน จึงช่วยลดสิ่งไม่จำเป็นหรือเกินความต้องการของ

ลูกค้า เช่น ลดความต้องการสต็อกสินค้าที่หน้าร้านจำนวนมาก เนื่องจากลูกค้าสามารถเห็นสินค้าในหน้าร้านเมตาเวิร์ส โดยไม่จำเป็นต้องผลิตสินค้าจริงเพื่อส่งกระจายไปที่หน้าร้านหลาย ๆ สาขา 4) เพิ่มความสามารถในการมีส่วนร่วมพัฒนาสินค้าหรือบริการโดยลูกค้า (Co-creation) โดยลูกค้าสามารถร่วมออกแบบหรือแสดงความต้องการสินค้าที่เหมาะสมกับตนเอง โดยเฉพาะได้ ผ่าน AR/VR ในเมตาเวิร์ส มองเห็นสินค้าในรูปแบบดิจิทัลได้ก่อนที่จะผลิตสินค้า 5) ลดวงจรอายุของสินค้า (Product Life Cycle) เนื่องจากการที่ผู้บริโภคมีส่วนร่วมในการออกแบบสินค้า จึงทำให้ผู้ผลิตและผู้ส่งมอบวัตถุดิบเตรียมพร้อมการออกแบบและการผลิตได้เร็วยิ่งขึ้น และ 6) ช่องทางการติดต่อและการขายสินค้า จะเป็นในลักษณะ “Meta Channel” กล่าวคือ เป็นช่องทางที่ยึดลูกค้าเป็นศูนย์กลาง โดยรวบรวมข้อมูลจากทุกช่องทางเข้าด้วยกันรวมถึงช่องทางเมตาเวิร์ส ซึ่งทำให้ผู้บริโภคมีประสบการณ์ร่วมกับสินค้าและบริการมากขึ้น ตั้งแต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตลอดการผลิตถึงการส่งมอบ เพิ่มเติมจากความสะดวกแบบไร้รอยต่ออย่าง Omni Channel



ภาพที่ 2 ผลของเมตาเวิร์สในโซ่อุปทาน

นิยามศัพท์

Haptic Glove คือ ถุงมือที่มีระบบความคมแรงกดที่กระจายอยู่ตามนิ้วมือและฝ่ามือของผู้สวมใส่ โดยระบบจะเชื่อมต่อกับภาพที่ผู้สวมใส่อุปกรณ์ AR/VR มองเห็นทำให้ผู้ใส่รู้สึกเหมือนจับต้องวัตถุที่มองเห็นจริง ๆ (Robertson, 2021)

Edge Computing คือ แนวคิดในการประมวลผลใกล้กับแหล่งกำเนิดข้อมูล แทนที่การส่งข้อมูลทั้งหมดไปประมวลผลที่คลาวด์ โดยตำแหน่งการประมวลผลของ Edge สามารถเป็นได้ตั้งแต่บนตัวอุปกรณ์ IoT เอง ขึ้นไปจนกระทั่งถึงชั้นบนสุดของ Local Area Network (LAN) เช่น อุปกรณ์เกตเวย์ เซิร์ฟเวอร์ของสำนักงาน หรือโรงงาน (Niruntasukrat, 2022)

Token คือ ข้อมูลทางดิจิทัลที่ใช้เป็นตัวแทนสินทรัพย์ดิจิทัล โดยสามารถกำหนดมูลค่าทางดิจิทัลของโทเคนขึ้นได้ ในอดีตโทเคนถูกใช้ประโยชน์ในการทำธุรกรรมธนาคาร ปัจจุบันโทเคนถูกใช้ร่วมกับเทคโนโลยีบล็อกเชน เพื่อสร้างสินทรัพย์ดิจิทัลต่าง ๆ เช่น คริปโตเคอเรนซี อสังหาริมทรัพย์ สิทธิ์ต่าง ๆ เป็นต้น (Wang & Nixon, 2021)

Fungible Token (FT) เป็นสินทรัพย์ดิจิทัลที่สามารถใช้แลกเปลี่ยนได้ หรือถูกทดแทนได้ มีมูลค่าหรือเนื้อหาเหมือนกันโทเคนอื่นในกลุ่มเดียวกัน เช่น เงินดิจิทัล ที่สามารถแลกเปลี่ยนระหว่างมือได้โดยที่มูลค่ายังเหมือนเดิม และสามารถแบ่งแยกออกได้โดยไม่กระทบมูลค่าโดยรวมของสินทรัพย์ และมีลักษณะเหมือนกันกับเงินดิจิทัลอื่น ๆ ในตลาด (Wang & Nixon, 2021)

Non-Fungible Token (NFT) คือ สินทรัพย์ดิจิทัลที่มีลักษณะเฉพาะตัว ไม่สามารถทำซ้ำได้ ไม่สามารถแบ่งแยกและแลกเปลี่ยนได้ สินทรัพย์แต่ละชิ้นเปรียบเสมือนมีชิ้นเดียวในโลก มีการระบุผู้ถือครอง ดังนั้นสินทรัพย์ที่เป็นกรรมสิทธิ์ของแต่ละบุคคลจึงถึงว่าเป็นสินทรัพย์คนละชิ้นกับสินทรัพย์ที่ถือครองโดยบุคคลอื่น (Wang & Nixon, 2021)

Bullwhip Effect คือ คำที่ Procter and Gamble (P&G) ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ยอดสั่งซื้อของผู้ส่งมอบในห่วงโซ่อุปทานมีความแปรปรวนจากความต้องการสินค้าที่แท้จริงโดยลูกค้า กล่าวคือ ผู้ส่งมอบในขั้นตอนก่อนหน้าจะผลิตหรือส่งสินค้าเพื่อไว้เนื่องจากไม่ทราบความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า ซึ่งเมื่อผู้ส่งมอบในขั้นตอนก่อนหน้าในห่วงโซ่อุปทานทำการเผื่อจำนวนสินค้าไว้ทุกรายไปจนถึงต้นน้ำ ก็จะส่งผลให้เกิดสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมาก เกินความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าที่ปลายน้ำ (Wang & Disney, 2016)

Smart Contract หรือสัญญาอัจฉริยะ คือ ข้อตกลงอัตโนมัติที่อยู่ในรูปของรหัสคอมพิวเตอร์และติดตั้งอยู่ในบล็อกเชน ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเข้ามาแทนที่ข้อตกลงหรือสัญญาในรูปแบบเดิม เนื่องจากประโยชน์หลายด้าน เช่น ความสามารถในการจัดการสัญญาและบังคับใช้โดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญา โดยปราศจากตัวกลาง มีความปลอดภัย และระบบตรวจสอบที่ดีกว่าระบบสัญญาในอดีต (Compagnucci et al., 2021)

Digital Twin คือ เทคโนโลยีที่สร้างวัตถุในโลกจริงขึ้นมาให้อยู่ในรูปแบบของดิจิทัล รวมถึงกระบวนการ ปฏิกริยา หรือระบบการทำงานที่เกิดขึ้นจริงระหว่างวัตถุทั้งหลายเข้าไว้ในโลกดิจิทัล เสมือนเป็นฝาแฝดของโลกจริง วัตถุ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกดิจิทัลจะมีกลไกการทำงานและดำเนินไปสอดคล้อง (Synchronize) กับโลกจริง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับวัตถุ กระบวนการ หรือระบบบนโลกจริง ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเดียวกันในโลกดิจิทัลที่เป็นฝาแฝดเช่นเดียวกัน (Njoku et al., 2022)

Web 3.0 คือ วิวัฒนาการของ World Wide Web ที่ใช้ Decentralized Protocol เช่น บล็อกเชน เทคโนโลยีนี้ใช้ในการจัดการคริปโตเคอเรนซี คุณลักษณะสำคัญของ Web 3.0 คือ 1) การกระจายศูนย์ (Decentralized) เป็นการเก็บข้อมูลในบล็อกเชน ที่

ไม่มีผู้ใดควบคุมได้เบ็ดเสร็จ 2) ไม่ต้องขออนุญาตเข้าใช้งาน (Permissionless) ผู้ใช้งานเข้าใช้งานระบบได้โดยไม่ต้องเปิดเผยตัวตน และ 3) ปลอดภัย (Secure) เนื่องจากมีลักษณะการเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ จึงมีโอกาสน้อยมากที่ข้อมูลจะถูกโจมตีได้สำเร็จ

บทสรุป

เมตาเวิร์สเป็นเทคโนโลยีที่กำลังอยู่ในความสนใจของคนจำนวนมากในหลากหลายวงการทั้งเกมมิ่ง การศึกษา การค้าปลีก การแพทย์ การท่องเที่ยว เป็นต้น เนื่องด้วยศักยภาพในการเป็นวิวัฒนาการของอินเทอร์เน็ตในยุค Web2.0 สู่ยุค Web3.0 ที่ข้อมูลและสินทรัพย์บนโลกจริงสามารถเชื่อมต่อกับข้อมูลและสินทรัพย์บนโลกเสมือนได้อย่างไร้รอยต่อ บทความนี้ศึกษาเมตาเวิร์สในเชิงแนวคิด ตลอดจนเทคโนโลยีเมตาเวิร์ส คุณลักษณะสำคัญของเมตาเวิร์ส เทคโนโลยีสำคัญอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกันเพื่อเสริมศักยภาพของเมตาเวิร์สให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพรอบด้าน และศึกษาถึงการใชเมตาเวิร์สให้เป็นประโยชน์ต่อห่วงโซ่อุปทาน ทั้งในมุมมองของแต่ละกิจกรรม ได้แก่ การจัดซื้อจัดหา การผลิต คลังสินค้า และการขนส่งและกระจายสินค้า และในมุมมองผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทาน โดยภาพรวมพบว่า ศักยภาพสำคัญของเมตาเวิร์สในการสร้างประสบการณ์การใช้งานในลักษณะที่สมจริงหรือใกล้เคียงกับโลกจริง ซึ่งเป็นความสามารถที่ยังไม่มีเทคโนโลยีใดสามารถทำได้มาก่อน จะช่วยพัฒนาความสามารถของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ให้มีประสิทธิภาพ (Efficiency)

ความโปร่งใส (Transparency) และความสามารถในการมองเห็นข้อมูลและสถานะการปฏิบัติงาน (Visibility) ตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทานแบบองค์รวม เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันที่เป็นเพียงการส่งผ่านข้อมูลระหว่างผู้มีส่วนร่วมในห่วงโซ่อุปทานเท่านั้น อย่างไรก็ตามเมตาเวิร์สเป็นเทคโนโลยีที่ไม่สามารถประสบความสำเร็จได้โดยลำพัง ไม่ใช่เทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแข่งขันกับเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันด้านใดด้านหนึ่ง แต่เป็นการประสานการทำงานและประโยชน์ของเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์องค์รวม โดยต้องทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอื่น ๆ เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. เมตาเวิร์สเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยพัฒนาศักยภาพของห่วงโซ่อุปทานได้ทั้งในระดับปฏิบัติการและระดับการจัดการ อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีล้ำสมัยอื่น ๆ เช่น บล็อกเชน IoT ปัญญาประดิษฐ์ Digital Twin หรือ 5G เป็นต้น ยังมีความจำเป็นเพื่อต่อยอดคุณประโยชน์ร่วมกัน (Synergy)
2. บทความนี้มุ่งเน้นถึงการประยุกต์ใช้และผลกระทบของเมตาเวิร์สต่อห่วงโซ่อุปทานเป็นหลัก อย่างไรก็ตามยังมีมิติอื่น ๆ ที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับเมตาเวิร์สและต้องการการศึกษาเพิ่มอีก เช่น พฤติกรรมผู้บริโภค กฎหมาย หรือความปลอดภัยด้านไซเบอร์เมื่อมีการใช้เมตาเวิร์สในวงกว้าง

References

- Abbasi, H., Talie, Z., Farahani, N., & Rad, A. (2014). Studying the recent improvements in holograms for three-dimensional display. *International Journal of Optics*, 2014, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/519012>
- Abrol, A. (2022, September 15). *Web 3.0 vs. Metaverse: A detailed comparison*. Blockchain Council. <https://www.blockchain-council.org/metaverse/web-3-0-vs-metaverse>
- Adamos, C. R. C. (2021). *Pseudo-hologram with aerohaptic feedback for interactive volumetric displays*. Advanced Intelligent Systems. <https://doi.org/10.1002/aisy.202100090>
- Adams, D. A., Nelson, R. R., & Todd, P. A. (1992). Perceived usefulness, ease of use, and usage of information technology: A replication. *MIS Quarterly*, 16, 227-247.
- Alpala, L. O., Quiroga-Parra, D. J., Torres, J. C., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2022). Smart factory using virtual reality and online multi-user: Towards a metaverse for experimental frameworks. *Applied Sciences*, 12(12), 1-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app12126258>
- Ashutosh, G. (2022, January 23). *What is a metaverse?* Gartner. <https://www.gartner.com/en/articles/what-is-a-metaverse>
- Bibri, S. E., Allam, Z., & Krogstie, J. (2022). *The metaverse as a virtual form of data-driven smart urbanism: Platformization and its underlying processes, institutional dimensions, and disruptive impacts*. Computational Urban Science. <https://doi.org/10.1007/s43762-022-00051-0>
- Binance Academy. (2021, December 22). *Top 7 technologies that power the metaverse*. <https://academy.binance.com/en/articles/top-7-technologies-that-power-the-metaverse>
- Biswas, S. Y. V. (2021). *Haptic perception, mechanics, and material technologies for virtual reality*. Advanced Functional Materials. <https://doi.org/10.1002/adfm.202008186>
- Boehm, C. (2004). “Hiro” of the platonic: Neal Stephenson’s “Snow Crash”. *Journal of the Fantastic in the Arts*, 14(4), 394-408. <http://www.jstor.org/stable/43308662>
- Bret, K. (2022, March 29). *Which companies are investing in the metaverse? 7 stocks to watch*. Yahoo Finance. https://finance.yahoo.com/news/companies-investing-metaverse-7-stocks-224911702.html?soc_src=social-sh&soc_trk=ma
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply chain management*. Pearson.
- Compagnucci, M. C., Fenwick, M., & Wrbka, S. (2021). *Smart contracts: Technological, business and legal perspectives*. Hart Publishing.
- Copigneaux, B., Vlasov, N., Bani, E., Tcholtchev, N., Lämmel, P., Fuenfzig, M., Snoeijenbos, S., Flickenschild, M., Piantoni, M., & Frazzani, S. (2020). *Blockchain for supply chains and international trade*. European Union.
- Gent, E. (2021, August 18). *Why the metaverse needs to be open*. IEEE Spectrum. https://spectrum.ieee.org/open-metaverse?utm_campaign=post-teaser&utm_content=n7rqkquk

- Golembiewski, L. (2020, September 28). *Are you ready for tech that connects to your brain?* Harvard Business Review. <https://hbr.org/2020/09/are-you-ready-for-tech-that-connects-to-your-brain>
- Gramlich, T. (2022, October 21). *The future of work and virtual reality*. Business Trends. <https://blogs.sap.com/2022/10/21/the-future-of-work-and-virtual-reality/>
- Hassan, M., Ali, M., Aktas, E., & Alkayid, K. (2015). Factors affecting selection decision of auto-identification technology in warehouse management: An international Delphi study. *Production Planning & Control*, 26(12), 1025-1049. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1011726>
- Huang, T. L., & Liao, S. (2015). A model of acceptance of augmented-reality interactive technology: The moderating role of cognitive innovativeness. *Electronic Commerce Research*, 15, 269-295. <https://doi.org/10.1007/s10660-014-9163-2>
- Janet, M. (2021, December 1). *Don't jump into the 'Metaverse' just yet, warns Georgia Tech digital media expert*. Georgia Tech. <https://iac.gatech.edu/news/item/653300/jump-into-metaverse-just-warns-georgia-tech-digital-media-expert>
- Jeong, H., Yi, Y., & Kim, D. (2022). An innovative e-commerce platform incorporating. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 18, 221-229.
- Journal time. (2022, February 26). *The issue of metaverse interoperability*. <https://journaltime.org/finance/metaverse/the-issue-of-metaverse-interoperability/>
- Kathiala, R. (2022, March 14). *Look out supply chain-Here comes the metaverse*. Supply Chain Management Review. https://www.scmr.com/article/look_out_supply_chain._here_comes_the_metaverse
- Kovács, G. (2021). Special optimization process for warehouse layout design. In K. Jármai, & K. Voith (Eds.). *Vehicle and automotive engineering 3. VAE 2020, Lecture notes in mechanical engineering* (pp. 194-205). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9529-5_17
- Lahoti, N. (2022, October 10). *Impact of metaverse on transportation and future mobility*. Metaverse Transportation and Mobility. <https://mobisoftinfotech.com/resources/blog/how-metaverse-will-change-transportation-and-mobility/>
- Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2021). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *IEEE*, 14(8), 1-67. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11200.05124/8>
- Levchenko, A., Ivanov, V., & Taratukhin, V. (2021). Virtual reality-built prototype as a next-gen environment for advanced procurement reporting and contract negotiation. In V. Taratukhin, M. Matveev, J. Becker, & Y. Kupriyanov (Eds.). *Information systems and design (ICID 2021): Communications in Computer and Information Science* (vol. 1539) (pp. 90-106). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95494-9_8

- Linden Lab. (2002, October 30). *Linden lab announces name of new online world ‘second life’ and availability of beta program*. http://lindenlab.com/pressroom/releases/02_10_30
- Lv, Z., Qiao, L., Li, Y., Yuan, Y., & Wang, F. Y. (2022). BlockNet: Beyond reliable spatial digital twins to parallel metaverse. *Patterns*, 3(5), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100468>
- Ma, S. (2022, March 16). *Metaverse adds new dimensions to games*. <https://www.tencent.com/en-us/articles/2201300.html>
- Meghan, R. (2022, February 7). *Gartner predicts 25% of people will spend at least one hour per day in the metaverse by 2026*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-02-07-gartner-predicts-25-percent-of-people-will-spend-at-least-one-hour-per-day-in-the-metaverse-by-2026>
- Monit, K. (2021, November 18). *Not metaverse, sundar pichai feels google’s future is internet search and AI*. Indiatimes. <https://www.indiatimes.com/technology/news/sundar-pichai-metaverse-google-future-554495.html>
- Niruntasukrat, A. (2022, November 29). *Edge and cloud in smart factory age*. NECTEC. <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/edge-cloud-smartfactory.html>
- Njoku, J. N., Nwakanma, C. I., Amaizu, G. C., & Kim, D. S. (2022). Prospects and challenges of metaverse application in data-driven intelligent transportation systems. *IET Intelligent Transport Systems*, 17(1), 1-21. <https://doi.org/10.1049/itr2.12252>
- Office of the Royal Society. (2021, December 2). *Office of the royal society*. <https://www.orst.go.th/>
- Pakanen, M., Alavesä, P., Berkel, N. V., Koskela, T., & Ojala, T. (2022). “Nice to see you virtually”: Thoughtful design and evaluation of virtual avatar of the other user in AR and VR based telepresence systems. *Entertainment Computing*, 40, 100457. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2021.100457>
- Palmer, A. (2022, March 15). *Amazon just introduced a bizarre metaverse-like game to train people how to use AWS*. <https://www.cnbc.com/2022/03/15/amazon-launches-metaverse-like-game-to-train-people-how-to-use-aws.html>
- Pamucar, D., Deveci, M., Gokasar, I., Tavana, M., & Köppen, M. (2022). A metaverse assessment model for sustainable transportation using ordinal priority approach and Aczel-Alsina norms. *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121778>
- Patterson, D. (2021, November 22). *The metaverse is already here: 5 companies building our virtual reality future*. CBS News. <https://www.cbsnews.com/news/metaverse-is-already-here-5-companies-building-our-virtual-reality-future/>

- Pearl, A. (2022). *Five technologies that power the metaverse*. Data Science Central. <https://www.datasciencecentral.com/five-technologies-that-power-the-metaverse/>
- Pittman, M. (2022, June 1). *What digital twins and the metaverse mean for our infrastructure*. Forbes: Innovation. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/06/01/what-digital-twins-and-the-metaverse-mean-for-our-infrastructure/?sh=39691988683a>
- Radoff, J. (2021, April 7). *The metaverse value-chain*. Medium. <https://medium.com/building-the-metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7>
- Roach, J. (2021, November 2). *Mesh for Microsoft Teams aims to make collaboration in the ‘metaverse’ personal and fun*. Microsoft. <https://news.microsoft.com/innovation-stories/mesh-for-microsoft-teams/>
- Robertson, A. (2021, November 17). *Meta’s sci-fi haptic glove prototype lets you feel VR objects using air pockets*. The Verge. <https://www.theverge.com/2021/11/16/22782860/meta-facebook-reality-labs-soft-robotics-haptic-glove-prototype>
- Rolfe, W. (2017, March 27). *Elon Musk launches neuralink to connect brains with computers*. The Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/elon-musk-launches-neuralink-to-connect-brains-with-computers-1490642652>
- Scaff, R. (2022, May 31). *4 ways the metaverse will benefit supply chain networks*. Accenture. <https://www.accenture.com/us-en/blogs/business-functions-blog/metaverse-supply-chain-networks>
- Shunsuke, T. (2022, April 7). *Lenovo to spend over \$15bn on R&D for metaverse, other tech*. Nikkei Asia. <https://asia.nikkei.com/Business/China-tech/Lenovo-to-spend-over-15bn-on-R-D-for-metaverse-other-tech>
- Singh, M., Srivastava, R., Fuenmayor, E., Kuts, V., Qiao, Y., Murray, N., & Devine, D. (2022). Applications of digital twin across industries: A review. *Applied Sciences*, 12(11), 1-28. <https://doi.org/10.3390/app12115727>
- Singh, O. (2022, May 28). *The key technologies that power the metaverse*. Cointelegraph. <https://cointelegraph.com/explained/the-key-technologies-that-power-the-metaverse>
- Sparks, L. (2010). Supply chain management and retailing. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 11(4), 4-12. <https://doi.org/10.1080/16258312.2010.11517242>
- Stephenson, N. (1992). *Snow crash*. Bantam Books.
- Stoltz, M. H., Giannikas, V., McFarlane, D., Strachan, J., Um, J., & Srinivasan, R. (2017). Augmented reality in warehouse operations: Opportunities and barriers. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 12979-12984. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807>
- Templeman, V. B. (2022, August 2). *Metaverse to disrupt transportation sector: Gartner maverick research*. Digital Nation. <https://www.digitalnationaus.com.au/news/metaverse-to-disrupt-transportation-sector-gartner-maverick-research-583414>

- Tracey, M., Lim, J. S., & Vonderembse, M. A. (2005). The impact of supply chain management capabilities on business performance. *Supply Chain Management*, 10(3), 179-191. <https://doi.org/10.1108/13598540510606232>
- Viswanathan, V. (2022, May 13). *Managing data in the metaverse: Four lessons from the supply chain*. Forbes Technology Council. <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/05/13/managing-data-in-the-metaverse-four-lessons-from-the-supply-chain/?sh=798d2a5e1032>
- Wang, G., & Nixon, M. (2021). SoK: Tokenization on blockchain. In B. Luiz, & S. Alan (Eds.). *2021 IEEE/ACM 14th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC '21) Companion* (pp. 1-9). IEEE/ACM. <https://doi.org/10.1145/3492323.3495577>
- Wang, H. (2016). *From virtual reality to personalized experiences: Alibaba is bringing us the future of retail this singles day*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/helenwang/2016/11/06/how-alibaba-will-use-the-worlds-biggest-shopping-day-to-transform-retail/?sh=6031404c6d4e>
- Wang, X., & Disney, S. M. (2016). The bullwhip effect: Progress, trends and directions. *European Journal of Operational Research*, 250(3), 691-701.
- Xi, N. N., & Chen J. (2022). The challenges of entering the metaverse: An experiment on the effect of extended reality on workload. *Information Systems Frontiers*, 1, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10244-x>
- Yogesh, K., & Dwivedi, L. H. N. D. (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 66, 1-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>
- Zuckerberg, M. (2021, October 28). *Founder's letter, 2021*. Meta. <https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/>



Name and Surname: Boonlert Wongcharoensangiri

Highest Education: Ph.D. in Industrial Engineering, Texas Tech University

Affiliation: Faculty of Business Administration, Panyapiwat Institute of Management

Field of Expertise: Operations Management, Supply Chain and Logistics Management, Business Technology Management, and Process Analysis and Improvement