

Digital ID สำหรับคนต่างด้าว โอกาสและความท้าทาย ด้านความมั่นคง



Digital ID สำหรับคนต่างด้าว: โอกาสและความท้าทายด้านความมั่นคง

1. บทนำ: ความจำเป็นของ Digital ID สำหรับคนต่างด้าวในประเทศไทย

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ยุคของการปฏิวัติอัตลักษณ์ดิจิทัล โดยได้เปลี่ยนภูมิทัศน์ดิจิทัลไปสู่หนึ่งในระบบนิเวศอัตลักษณ์แบบกระจายศูนย์ที่มีแนวโน้มดีที่สุดในเอเชีย[1] แรงผลักดันระดับชาตินี้มาจากอัตราการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่เพิ่มขึ้น การใช้งานสมาร์ทโฟนที่แพร่หลาย และโครงการริเริ่มของภาครัฐที่มุ่งเป้าหมายในการสร้างประเทศไทยให้เป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจดิจิทัล[2] มีประชากรต่างด้าวหลากหลายกลุ่มอาศัยอยู่ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มแรงงาน นักท่องเที่ยว นักศึกษา หรือผู้พำนักระยะยาว

หนึ่งในโครงการริเริ่มที่สำคัญคือบัตรเดินทางดิจิทัลประเทศไทย (Thailand Digital Arrival Card - TDAC) ซึ่งเป็นแบบฟอร์มออนไลน์ภาคบังคับสำหรับชาวต่างชาติทุกคนที่เดินทางเข้าประเทศไทยตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2568 เป็นต้นไป[3] บัตรดิจิทัลนี้จะรวบรวมข้อมูลหนังสือเดินทาง รายละเอียดส่วนบุคคล ข้อมูลการเดินทาง ที่พักในประเทศไทย และการประกาศด้านสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการเข้าเมืองและกระบวนการตรวจคนเข้าเมืองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น[3] เศรษฐกิจ โดยมีการคาดการณ์ว่าโครงการ Digital ID สามารถเพิ่มผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ของประเทศได้อย่างมีนัยสำคัญ[4]

แม้ว่าอัตลักษณ์ดิจิทัลจะมอบโอกาสในด้านประสิทธิภาพ การเติบโตทางเศรษฐกิจ และการส่งมอบบริการที่ดีขึ้น แต่การนำไปใช้กับชาวต่างชาติก็ยังคงเผชิญกับความท้าทายด้านความมั่นคงที่ซับซ้อน ซึ่งรวมถึงการจัดการประชากรผู้ย้ายถิ่นจำนวนมากที่มักไม่ได้รับการลงทะเบียน การลดความเสี่ยงจากการแสวงหา

ประโยชน์และการฉ้อโกง และการสร้างความมั่นใจในความมั่นคงของชาติโดยไม่กระทบต่อสิทธิมนุษยชน บทความนี้จะสำรวจโอกาสและความท้าทายเหล่านี้ โดยเน้นย้ำถึงบทบาทที่สำคัญของระบบ Digital ID ในฐานะโครงสร้างพื้นฐานด้านความมั่นคงที่สำคัญ



2. ความเสี่ยงจากการไม่มี Unique ID สำหรับคนต่างด้าว

การขาดระบบอัตลักษณ์ดิจิทัลที่เป็นรหัสประจำตัวสำหรับชาวต่างชาติในประเทศไทยก่อให้เกิดความเสี่ยงหลายมิติ ทั้งในด้านมนุษยธรรม สังคม เศรษฐกิจ การบริหารจัดการ ความมั่นคงของชาติ และสาธารณสุข ซึ่งส่งผลกระทบต่อชาวต่างชาติเองและต่อประเทศไทยโดยรวม โดยมีความเสี่ยงได้แก่

- เสี่ยงต่อการปลอมแปลงตัวตน (identity spoofing) หรือการใช้ข้อมูลของบุคคลอื่นในการเข้าถึงบริการ
- ขาดความสามารถในการติดตามตัวเมื่อเกิดกรณีฝ่าฝืนกฎหมายหรือภัยคุกคามต่อความมั่นคง
- ระบบตรวจสอบสิทธิและการเข้าถึงสวัสดิการภาครัฐมีความไม่แม่นยำ ส่งผลให้เกิดการซ้ำซ้อนหรือคลาดเคลื่อน
- ส่งผลต่อการวางแผนนโยบายระดับชาติ โดยเฉพาะในมิติของการจัดสรรทรัพยากรและการควบคุมการเข้าเมืองอย่างเป็นระบบ

2.1 ความเสี่ยงด้านมนุษยธรรมและสังคม: ความเปราะบางที่เพิ่มขึ้นและการเข้าถึงสิทธิที่จำกัด

ผู้ย้ายถิ่นในไทยกว่า 1 ล้านคนยังไม่ได้รับการลงทะเบียนในปี 2012 ทำให้เสี่ยงต่อการถูกแสวงหาประโยชน์และละเมิดสิทธิมนุษยชน พวกเขาไม่เข้าถึงงานที่ดีไม่ได้ ได้ค่าจ้างต่ำกว่ากฎหมาย และเอกสารถูกยึด

โดยนายจ้าง ทำให้ขาดสิทธิพลเมืองและไม่ได้รับการคุ้มครองด้านอุบัติเหตุหรือบำนาญ การรวมตัวเป็นสหภาพก็ถูกจำกัด[5]

ผู้ที่ยังไม่มีสถานะถูกกฎหมายถูกจำกัดการเดินทาง และการกระทำผิดกฎหมายทำให้ต้องเสียค่าปรับสูง การขาดสถานะทางกฎหมายทำให้พวกเขาไม่มีการคุ้มครอง และเสี่ยงต่อการจ่ายสินบนให้เจ้าหน้าที่[6]

การเข้าถึงบริการสุขภาพเป็นเรื่องท้าทาย ผู้ย้ายถิ่นจำนวนมากไม่มีประกันสุขภาพ และมีอุปสรรคทางภาษา การขาดข้อมูลในฐานะข้อมูลระดับชาติทำให้การดูแลสุขภาพและการควบคุมโรคไม่เป็นไปตามที่ควร [7], [8]

การไม่มี Digital ID และปัญหาเศรษฐกิจทำให้เสี่ยงต่อการหลอกลวงออนไลน์และการค้ำมนุษย์ เครือข่ายอาชญากรรมใช้ประโยชน์จากความเดือดร้อนทางเศรษฐกิจ โดยเสนอโอกาสทำงานหลอกลวง ผู้ย้ายถิ่นเสี่ยงต่อการบังคับใช้แรงงานจากหนี้สิน และนายหน้าออนไลน์หลอกล่อเด็กให้แสวงหาประโยชน์ทางเพศ [9], [10]

เด็กผู้ย้ายถิ่นประมาณ 82,000 คนที่เกิดในไทยไม่มีสิทธิ์ได้รับถิ่นที่อยู่หรือสัญชาติ[5] ทำให้เสี่ยงต่อการถูกแสวงหาประโยชน์ การค้ำมนุษย์ และอาชญากรรมเยาวชน เนื่องจากเข้าถึงการศึกษาและการคุ้มครองทางกฎหมายได้จำกัด[11] การไม่มีอัตลักษณ์ทำให้เข้าถึงระบบทางการยากลำบาก ส่งผลให้สุขภาพแย่งและวงจรความยากจนดำเนินต่อไป การทำให้สถานะผิดกฎหมายยังยับยั้งการขอความช่วยเหลือ และสร้างกลุ่มคนที่ใช้ชีวิตในเงามืด ทำให้รัฐบาลไม่สามารถให้บริการพื้นฐาน ติดตามสาธารณสุข หรือบังคับใช้กฎหมายแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งบ่อนทำลายความสามัคคีทางสังคมและการพัฒนามนุษย์

2.2 ความเสี่ยงทางเศรษฐกิจและการบริหาร: ความไร้ประสิทธิภาพ การฉ้อโกง และโอกาสที่สูญหายไป

ชาวต่างชาติที่ทำงานในประเทศไทยจำเป็นต้องมี Tax Identification Number (TIN) เพื่อชำระภาษี การไม่มี TIN ทำให้เกิดปัญหาทางกฎหมายและรัฐสูญเสียมูลค่าได้ การขอ TIN มีความซับซ้อน[12]

การใช้เอกสารระบุตัวตนโดยไม่ได้รับอนุญาต (บัตรประชาชน หนังสือเดินทาง) เป็นปัญหาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่การฉ้อโกง การใช้สำเนาที่ไม่ได้ลงนาม การส่งข้อมูลออนไลน์ผ่านแพลตฟอร์มที่ไม่ปลอดภัย และการใช้บัตรที่หมดอายุทำให้ความเสี่ยงสูงขึ้น[13] การขาดระบบที่มั่นคงปลอดภัยและการขาดช่องทางเชื่อมโยงข้อมูลสร้างช่องโหว่และแรงจูงใจสำหรับกิจกรรมที่ผิดกฎหมาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อรายได้ของรัฐบาลและความมั่นคงของบุคคล

นโยบายการจัดการแรงงานข้ามชาติของไทยในอดีตขาดกลยุทธ์ระยะยาว[14] กรอบกฎหมายปัจจุบันซับซ้อน และเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้งทำให้เกิดความสับสน[15] การไม่มี "ศูนย์บริการเบ็ดเสร็จ" และกรอบเวลาลงทะเบียนที่จำกัด ผลักดันให้นายจ้างจ้างแรงงานผิดกฎหมาย[15]

ค่าใช้จ่ายในการจัดหางานผ่านช่องทางที่เป็นทางการสูงเกินไป (25,000-30,000 บาทต่อคน) ทำให้การย้ายถิ่นฐานที่ถูกต้องตามกฎหมายทำได้ยาก โดยเฉพาะสำหรับ MSMEs [15] การต่ออายุที่ต้องใช้เอกสารซ้ำๆ เพิ่มภาระ แม้แรงงานต่างชาติน่าจะสร้างรายได้ประมาณ 1% ของ GDP ของไทย[5] แต่ระบบปัจจุบันไม่มีประสิทธิภาพ และจำกัดการมีส่วนร่วมของพวกเขาอย่างเต็มศักยภาพ การขาดบทบาทที่ชัดเจนสำหรับแรงงานต่างชาตินอกกลยุทธ์การพัฒนาประเทศทำให้เกิดเศรษฐกิจนอกระบบ ขาดข้อมูลที่ถูกต้อง และใช้ทรัพยากรของประเทศอย่างไม่คุ้มค่า

2.3 ความเสี่ยงด้านความมั่นคงของชาติและสาธารณสุข: ประชากรที่ควบคุมไม่ได้และภัยคุกคามข้ามชาติ

แรงงานข้ามชาติ 1.2 ล้านคนจาก 5.2 ล้านคน ไม่มีเอกสาร ทำให้รัฐบาลไทยควบคุมโรคระบาดและดูแลด้านสาธารณสุขได้ยาก จึงพยายามใช้ Digital ID แบบไบโอเมตริก เพื่อควบคุมโรคที่ดีขึ้น[8]

เจ้าหน้าที่ไทยมองผู้ลี้ภัยเป็นภัยคุกคามต่อความมั่นคงของชาติและสังคม โดยแผนความมั่นคงแห่งชาติก็กำหนดไว้เช่นนั้น ทำให้ไทยขาดกรอบกฎหมายคุ้มครองผู้ลี้ภัย ซึ่งส่งผลให้บุคคลเหล่านี้ถูกควบคุมตัว เนรเทศ หรือถูกละเมิดหลักการไม่ส่งกลับได้ง่าย การขาด Digital ID ยิ่งทำให้ปัญหารุนแรงขึ้น[16]

ช่องว่างในกฎหมายไซเบอร์ทำให้เกิดความเสี่ยงทางธุรกิจและการฉ้อโกงออนไลน์ โดยเฉพาะการหลอกลวงที่สร้างโดย AI ทำให้ตรวจจับยากขึ้น[10]

พระราชกฤษฎีกาที่ 337 (พ.ศ. 2515) จำกัดสิทธิการได้สัญชาติไทยโดยการเกิดสำหรับผู้ที่เกิดในไทย แต่บิดามารดาเป็นคนต่างด้าวที่เข้าเมืองโดยไม่ชอบด้วยกฎหมาย ซึ่งทำให้เกิดภาวะไร้รัฐ แม้จะยกเลิกไปแล้ว แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่[11] ความพยายามแปลงระบบยืนยันตัวตนเป็นดิจิทัลสำหรับชาวต่างชาติ แม้จะมุ่งควบคุม แต่ก็อาจนำไปสู่การเลือกปฏิบัติและการกีดกัน[17] การไม่มี Digital ID ที่ตรวจสอบได้ของชาวต่างชาติสร้างจุดบอดสำคัญต่อความมั่นคงของชาติ สาธารณสุข และการบังคับใช้กฎหมาย



3. แนวคิดการออก Unique ID และแนวทางออกแบบสำหรับ IdP

การทำความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานของอัตลักษณ์ดิจิทัลและแนวทางในการออกแบบระบบ Identity Provider (IdP) ที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการนำ Digital ID มาใช้กับชาวต่างชาติอย่างประสบความสำเร็จ

3.1 แนวคิดพื้นฐานของอัตลักษณ์ดิจิทัล

อัตลักษณ์ดิจิทัลหมายถึงการแสดงอัตลักษณ์ของบุคคลในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการยืนยันตัวตนและการอนุญาตในระบบออนไลน์ โดยจะครอบคลุมข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ชื่อ วันเกิด หมายเลขประกันสังคม ที่อยู่อีเมล และข้อมูลชีวมิติ ความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับการจัดการอัตลักษณ์ดิจิทัลที่ปลอดภัยเป็นข้อกังวลที่สำคัญ เนื่องจากวิธีการแบบดั้งเดิมมีความเปราะบางต่อการละเมิดข้อมูล การฉ้อโกง และการโจรกรรมข้อมูลประจำตัว

ในการออกแบบระบบพิสูจน์ตัวตน (Identity Provider - IdP) สำหรับบุคคลต่างชาติ ควรยึดหลักการเชื่อมโยงกับเอกสารประจำตัวที่มีอยู่แล้ว เช่น หนังสือเดินทาง (passport) ร่วมกับการเก็บข้อมูลชีวมิติ (biometric) เพื่อสร้าง Unique ID ที่มีความเฉพาะตัว และสามารถระบุตัวบุคคลได้แม้มีการเปลี่ยนหนังสือเดินทางหรือข้อมูลภายนอก

ระบบ IdP ควรใช้เทคนิค **Renewable Biometric Reference (RBR)** ร่วมกับการผูกกับอุปกรณ์ (device binding) เพื่อให้สามารถเพิกถอนหรือออกข้อมูลใหม่ได้หากพบความผิดปกติ ทั้งนี้ต้องสามารถทำ Biometric Matching ได้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนหนังสือเดินทางหรือข้อมูลยืนยันตัวตนบางส่วน โดยอ้างอิงตาม มาตรฐานสากล เช่น **ICAO e-Passport, MOSIP และ ISO/IEC 24745** ที่ให้แนวทางการเก็บและใช้ข้อมูล ชีวมิติเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการพิสูจน์ตัวตนอย่างมั่นคงและยั่งยืน

“The Modular Open Source Identity Platform (MOSIP), inspired by India’s Aadhaar system, was started in 2018 at the International Institute for Information Technology, Bangalore.”

3.2 รูปแบบอัตลักษณ์แบบรวมศูนย์และแบบกระจายศูนย์

ระบบรวมศูนย์: เก็บข้อมูลส่วนบุคคลไว้ที่เดียว ทำให้เสี่ยงต่อการถูกโจมตีและละเมิดข้อมูลสูง มักมีปัญหาในการปรับตัวเข้ากับกฎระเบียบข้อมูลใหม่ๆ มีค่าใช้จ่ายในการพัฒนาและบำรุงรักษาสูง ขาดความยืดหยุ่นในการรวมเทคโนโลยีใหม่ และขาดความสามารถในการทำงานร่วมกับระบบอื่น ทำให้การรวมระบบและถ่ายโอนข้อมูลซับซ้อน นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความกังวลด้านความเป็นส่วนตัวเนื่องจากการรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลจำนวนมาก และผู้ใช้มีการควบคุมข้อมูลที่จำกัด หากระบบถูกบุกรุก ข้อมูลผู้ใช้ทั้งหมดจะตกอยู่ในความเสี่ยง [18]

อัตลักษณ์ดิจิทัลแบบกระจายศูนย์ (DDI) และอัตลักษณ์ที่ควบคุมโดยบุคคล (Self-Sovereign Identity - SSI): แนวทางนี้เน้นความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว โดยบุคคลเป็นผู้ควบคุมข้อมูลของตนเองผ่านกระเป๋าเงินดิจิทัล, บล็อกเชน, Verifiable Credentials และ DIDs ทำให้ยืนยันตัวตนได้โดยไม่ต้องพึ่งหน่วยงานกลาง [19] การนำ SSI มาใช้กับ Digital ID ชาวต่างชาติในไทยจะช่วยลดความเสี่ยงจากการจัดเก็บข้อมูลแบบรวมศูนย์ และเพิ่มความไว้วางใจ

3.3 หลักการสำหรับ Identity Providers (IdPs)

ส่วนประกอบหลักและประโยชน์: IdP สร้าง จัดการ และจัดเก็บอัตลักษณ์ดิจิทัล ประกอบด้วยที่เก็บข้อมูลผู้ใช้ระบบยืนยันตัวตน (หลายปัจจัย) และโปรโตคอลความปลอดภัย ช่วยขยายการจัดการผู้ใช้ ลดต้นทุนไอที และควบคุมการเข้าถึง[20]

การสร้างสมดุลระหว่างการเข้าถึงและความปลอดภัย: การออกแบบ Digital ID ที่เชื่อถือได้ต้องสมดุลระหว่างการยืนยันตัวตนที่แม่นยำและการเข้าถึงบริการของผู้ใช้ ต้องพิจารณากระบวนการพิสูจน์และยืนยันตัวตน[21]

บทบาทของข้อมูลชีวมิติ: เป็นเทคโนโลยีสำคัญในการป้องกันอัตลักษณ์ดิจิทัล โดยใช้ ลายนิ้วมือ ใบหน้า ม่านตา ให้ความปลอดภัยสูงกว่าวิธีทั่วไป มีความแม่นยำสูงในการจัดข้อมูลเข้าซ้อนและยืนยันตัวตนบุคคล การใช้หลายรูปแบบช่วยเพิ่มความแม่นยำและการออกแบบครอบคลุมผู้ใช้ที่หลากหลาย (Inclusive Design)

ความท้าทายของข้อมูลชีวมิติ: ความเสี่ยงต่อการคุ้มครองข้อมูลและการกีดกันบางกลุ่มผู้ใช้งาน อาจเพิ่มต้นทุนและความซับซ้อน ความท้าทายรวมถึงการเก็บข้อมูลไม่สำเร็จสำหรับบางกลุ่ม (แรงงาน ผู้สูงอายุ เด็ก) เช่น (Failure to Capture - FTC) และ (Failure to Enroll - FTE) ปัญหาสิ่งแวดล้อม และการยกเลิกไม่ได้ หากข้อมูลถูกขโมย มีข้อกังวลด้านความเป็นส่วนตัวจากการดึงข้อมูลส่วนบุคคล การเชื่อมโยงข้อมูล และการปลอมแปลง การพึ่งพาไบโอเมตริกโดยไม่พิจารณาความท้าทายเหล่านี้อย่างรอบคอบ อาจสร้างอุปสรรคใหม่ในการเข้าถึงบริการ ทำให้การกีดกันรุนแรงขึ้น และก่อให้เกิดความกังวลด้านสิทธิมนุษยชน สิ่งนี้ต้องการแนวทางที่ละเอียดอ่อนที่เน้นการออกแบบครอบคลุมผู้ใช้ที่หลากหลายและความยินยอม



4. ขั้นตอนสำคัญของการลงทะเบียน (Enrollment Model) สำหรับบุคคลต่างชาติ

การเปรียบเทียบรูปแบบการลงทะเบียนสำหรับบุคคลต่างชาติในแต่ละประเทศ โดยอิงตามข้อมูลที่ทำนได้ให้มาและขั้นตอนสำคัญของการลงทะเบียนโดยทั่วไป

- ขั้นตอนสำคัญของการลงทะเบียน (Enrollment Model) โดยทั่วไป
- Pre-enrollment (การลงทะเบียนล่วงหน้า): การยื่นคำขอเริ่มต้น มักทำผ่านช่องทางออนไลน์ หรือที่สถานทูต/สถานกงสุล
- Physical enrollment (การลงทะเบียนด้วยตนเอง): การตรวจสอบตัวตนด้วยตนเอง การถ่ายภาพ และการตรวจสอบเอกสาร
- Biometric capture (การเก็บข้อมูลชีวมิติ): การจัดเก็บลายนิ้วมือ รูปภาพใบหน้า และการสแกนม่านตา
- Assign Unique ID (การกำหนดเลขประจำตัวเฉพาะ): การสร้างหมายเลขประจำตัวที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งเชื่อมโยงกับระบบ Digital ID ส่วนกลาง
- Credential issuance (การออกเอกสารยืนยันตัวตน): การออกเอกสารยืนยันตัวตน (เช่น QR code, e-wallet หรือ smartcard)

4.1 รูปแบบการลงทะเบียนของแต่ละประเทศ

สหรัฐอเมริกา (USCIS - การลงทะเบียนคนต่างด้าว)

- Pre-enrollment: คนต่างด้าวต้องสร้างบัญชีออนไลน์กับ USCIS และกรอกแบบฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ G-325R, Biographic Information (Registration)
- Physical enrollment: USCIS จะตรวจสอบข้อมูลที่ส่งมา และอาจกำหนดให้มีการนัดหมายเพื่อบริการเก็บข้อมูลชีวมิติด้วยตนเอง
- Biometric capture: มีการระบุไว้อย่างชัดเจนว่าอาจมีการเก็บลายนิ้วมือ แบบฟอร์ม G-325R ใช้สำหรับข้อมูลชีวประวัติเพื่อพิจารณาว่าจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลชีวมิติหรือไม่
- Assign Unique ID: ไม่ได้ระบุว่าเป็นขั้นตอนที่แยกออกมาโดยเฉพาะ แต่กระบวนการนี้เชื่อมโยงกับบันทึกของกระทรวงความมั่นคงแห่งมาตุภูมิ (DHS)
- Credential issuance: มีการแจ้ง "USCIS Proof of G-325R Registration" ในบัญชีออนไลน์ ซึ่งสามารถดาวน์โหลดและพิมพ์ได้
- สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม โปรดดูที่หน้า USCIS Alien Registration[22]

สาธารณรัฐเกาหลี (บัตรประจำตัวดิจิทัลเคลื่อนที่สำหรับชาวต่างชาติ)

- Pre-enrollment: ชาวต่างชาติที่มีอายุ 14 ปีขึ้นไป ซึ่งมีสมาร์ทโฟนในชื่อของตนเอง สามารถยื่นคำขอได้
- Physical enrollment: ต้องไปที่สำนักงานตรวจคนเข้าเมืองเพื่อสแกน QR code ผ่านแอปพลิเคชัน Mobile IDentification หรืออีกทางหนึ่งคือ บัตรประจำตัวจริงที่ออกหลังวันที่ 1 มกราคม 2568 ซึ่งมีชิป IC สามารถแตะกับสมาร์ทโฟนได้หลังจากติดตั้งแอปพลิเคชันแล้ว
- Biometric capture: ไม่ได้ระบุรายละเอียดอย่างชัดเจนในส่วนที่ให้มาสำหรับกระบวนการยื่นขอ Digital ID แต่เป็นไปได้ว่ามีการเก็บข้อมูลนี้ในการออกบัตรประจำตัวจริงในครั้งแรก
- Assign Unique ID: บัตรประจำตัวเคลื่อนที่ทำหน้าที่เป็น Digital ID ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีเลขประจำตัวเฉพาะ
- Credential issuance: มีการออกบัตรประจำตัวดิจิทัลเคลื่อนที่ที่มีผลทางกฎหมายเช่นเดียวกับบัตรจริงผ่านแอปพลิเคชัน Mobile IDentification
- สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม โปรดดูที่บทความ Korea Herald[23]

อินเดีย (Aadhaar สำหรับชาวต่างชาติผู้พำนัก)

- Pre-enrollment: ชาวต่างชาติผู้พำนักต้องไปที่ศูนย์ลงทะเบียน Aadhaar ที่กำหนดและยื่นคำขอโดยใช้แบบฟอร์มลงทะเบียนที่จำเป็น พร้อมเอกสารประกอบที่ถูกต้อง (หนังสือเดินทางต่างประเทศ, วีซ่าอินเดียที่ถูกต้อง/บัตร OCI/LTV)
- Physical enrollment: การลงทะเบียนจะดำเนินการที่ศูนย์ลงทะเบียน Aadhaar ที่กำหนด ซึ่งเจ้าหน้าที่จะเก็บข้อมูล
- Biometric capture: บังคับให้มีการเก็บภาพถ่าย, ลายนิ้วมือ และม่านตาทั้งสองข้าง
- Assign Unique ID: Aadhaar เป็นหมายเลขประจำตัวที่ไม่ซ้ำกัน 12 หลักที่ออกให้แก่ผู้พำนักในอินเดีย
- Credential issuance: หมายเลข Aadhaar ทำหน้าที่เป็นเอกสารยืนยันตัวตนหลัก
- สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติม โปรดดูที่หน้า UIDAI Aadhaar Enrollment Process[24]



5. ตัวอย่างจากโครงการในประเทศและต่างประเทศ

5.1 กรณีศึกษาในประเทศไทย

บัตรเดินทางดิจิทัลประเทศไทย (Thailand Digital Arrival Card - TDAC): กรมตรวจคนเข้าเมืองได้เปิดตัว TDAC ซึ่งเป็นแบบฟอร์มออนไลน์ภาคบังคับสำหรับชาวต่างชาติก่อนเดินทางมาถึง โดยรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคล หนังสือเดินทาง การเดินทาง ที่พัก และรายละเอียดการประกาศด้านสุขภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงขั้นตอนการเข้าเมืองและกระบวนการตรวจคนเข้าเมืองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น[25]

การจัดการ Digital ID ไบโอเมตริกสำหรับแรงงานข้ามชาติ: ประเทศไทยได้รวมระบบไบโอเมตริกใบหน้าและม่านตาเพื่อระบุ ติดตาม และจัดการแรงงานข้ามชาติหลายล้านคน รวมถึง 1.2 ล้านคนที่ไม่ได้รับการลงทะเบียน เพื่อวัตถุประสงค์ด้านสาธารณสุขและความช่วยเหลือด้านมนุษยธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการควบคุมโรค[8] ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออก "บัตรชมพู" ให้กับแรงงานข้ามชาติผิดกฎหมายจากกัมพูชา ลาว เมียนมา และเวียดนาม นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการอัตลักษณ์ดิจิทัลที่มีความรับผิดชอบในหมู่ผู้ลี้ภัยชาวกะเหรี่ยงในประเทศไทย[26]

ระบบ UIDAI ของประเทศอินเดียถือเป็นตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จในการออกเลขอัตลักษณ์ให้กับประชากรจำนวนมาก โดยใช้ข้อมูลชีวมิติ เช่น ใบหน้า ลายนิ้วมือ และม่านตา (iris) เป็นหลัก ขณะที่สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ (UAE) และสำนักงานข้าหลวงใหญ่ผู้ลี้ภัยแห่งสหประชาชาติ (UNHCR) ได้นำระบบเก็บม่านตามาใช้สำหรับพิสูจน์ตัวตนของชาวต่างชาติและผู้พลัดถิ่น ซึ่งสามารถใช้งานได้จริงในหลายประเทศ

ประเทศไทยสามารถนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ โดยสร้างระบบ Unique ID ที่สามารถต่อยอดไปสู่การให้บริการภาครัฐในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ข้อเสนอของ ผศ.ดร. ประทีป สันติประภาพ ได้ชี้ว่า การเก็บข้อมูลชีวมิติที่รวมถึงม่านตา จะช่วยลดความผิดพลาดจากกรณีบุคคลหน้าคล้ายกัน และเพิ่มความแม่นยำของระบบพิสูจน์ตัวตนในระยะยาว

5.2 กรณีศึกษาจากต่างประเทศ

e-Residency ของเอสโตเนีย

เปิดตัวในปี 2557 โครงการนี้มอบอัตลักษณ์ดิจิทัลข้ามชาติสำหรับผู้ที่ไม่ใช่ผู้อยู่อาศัย ทำให้สามารถเข้าถึงบริการอิเล็กทรอนิกส์ของเอสโตเนียและสภาพแวดล้อมทางธุรกิจของสหภาพยุโรป[27] ผู้มีถิ่นที่อยู่ทางอิเล็กทรอนิกส์จะได้รับบัตร Digital ID พร้อม PIN เพื่อการยืนยันตัวตนและลายเซ็นดิจิทัลที่ปลอดภัย ซึ่งมีผลทางกฎหมายเทียบเท่ากับลายเซ็นที่เขียนด้วยมือ[28] ผู้สมัครทุกคนจะต้องผ่านการตรวจสอบประวัติโดยคณะกรรมการตำรวจและพิทักษ์ชายแดนของเอสโตเนีย ซึ่งประเมินการปฏิบัติตามกฎหมายและบันทึกอาชญากรรม อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่เอกสารเดินทางและต้องรับชุด e-Residency ด้วยตนเอง

UAE Pass (สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์)

เป็นอัตลักษณ์ดิจิทัลระดับชาติแห่งแรกสำหรับพลเมือง ผู้อยู่อาศัย และผู้มาเยือนในสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ [29] ช่วยให้สามารถลงชื่อเข้าใช้บริการออนไลน์ได้อย่างปลอดภัย การลงนามและยืนยันเอกสารดิจิทัล และการขอ/แบ่งปันเอกสารราชการแบบดิจิทัล[30] ผู้ใช้สามารถเข้าถึง Emirates ID แบบดิจิทัลผ่าน Apple Wallet, แอป UAE Pass หรือแอป UAEICP และสร้าง QR Code เพื่อการยืนยันชั่วคราว

Singpass Foreign User Account (SFA) ในสิงคโปร์

SFA อนุญาตให้ชาวต่างชาติที่ไม่มี Digital ID ที่ออกโดยรัฐบาลสิงคโปร์เข้าถึงบริการดิจิทัลของภาครัฐ และเอกชนที่เลือกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเรื่องภาษี[31] ต้องใช้บัตรประจำตัวประชาชน/หนังสือเดินทาง และที่อยู่อีเมลที่ไม่ซ้ำกัน โดยมีการเปิดใช้งานผ่านแอปพลิเคชันมือถือ Singpass[32]

Aadhaar ของอินเดีย

นอกเหนือจากชาวต่างชาติที่พำนักแล้ว Aadhaar ยังอนุญาตให้ NRIs ที่มีหนังสือเดินทางอินเดียที่ถูกต้องลงทะเบียนได้ โดยไม่มีข้อกำหนดการพำนัก 182 วัน[33] สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางที่ยืดหยุ่นสำหรับชาวต่างชาติประเภทต่าง ๆ

การแปลงกระบวนการตรวจคนเข้าเมืองของเอกวาดอร์ให้เป็นดิจิทัล

เอกวาดอร์ได้เร่งการแปลงเป็นดิจิทัลเพื่อลดความซับซ้อนของการตรวจคนเข้าเมือง รวมถึงระบบวีซ่าอิเล็กทรอนิกส์, eVisas และศูนย์บริการดิจิทัลพร้อม Chatbot ให้บริการตลอด 24 ชั่วโมงทุกวัน[34] สิ่งนี้อำนวยความสะดวกในการพำนักอย่างถูกกฎหมายและให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดด้านกงสุล

ข้อตกลงกรอบเศรษฐกิจดิจิทัลอาเซียน (ASEAN Digital Economy Framework Agreement - DEFA)

[35]: DEFA มีเป้าหมายเพื่อประสานมาตรฐานดิจิทัล เพิ่มความสามารถในการทำงานร่วมกัน และอำนวยความสะดวกในการทำธุรกรรมข้ามพรมแดนให้ราบรื่นขึ้น ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการค้าดิจิทัล อีคอมเมิร์ซ และการเคลื่อนย้ายภายในอาเซียน[36] การปรับ Digital ID ของประเทศไทยสำหรับชาวต่างชาติให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของ DEFA จะช่วยเพิ่มการบูรณาการทางเศรษฐกิจและความร่วมมือระดับภูมิภาค ทำให้ประเทศไทยเป็นผู้เล่นหลักในระบบนิเวศดิจิทัลระดับภูมิภาค นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความร่วมมือด้านความปลอดภัยในประเด็นข้ามชาติอีกด้วย

6. ประเด็นด้านความมั่นคงปลอดภัยและเทคโนโลยีที่ควรคำนึงสำหรับ IdP

- ควรใช้ระบบ **Liveness Detection** ที่ฝั่ง Backend สำหรับธุรกรรมที่มีความเสี่ยงสูง เพื่อป้องกันการโจมตีด้วยภาพหรือวิดีโอปลอม
- เพิ่มความมั่นคงด้วยการสุ่มคำสั่ง (Random Liveness Challenge) เพื่อยืนยันตัวตนจริง
- ใช้เทคนิค **Renewable Biometric Reference (RBR)** เพื่อให้สามารถเพิกถอนหรือเปลี่ยนข้อมูลเมื่อพบการละเมิด
- การปฏิบัติตามระดับความมั่นใจอัตลักษณ์ (Identity Assurance Level 2 - IAL2) ของ NIST
- ข้อมูลชีวมิติควรถูก **ลบออกทันทีหลังการประมวลผล (zeroized)** ตามแนวทางของ NIST 800-63B

- การเปรียบเทียบข้อมูลชีวมิติควรกระทำที่ฝั่ง Server เพื่อลดความเสี่ยงจากการปลอมแปลงข้อมูลที่อุปกรณ์ปลายทาง
- ต้องมี Trusted Execution Environment (TEE) ที่แข็งแกร่ง และตัวแทนผู้ให้บริการ (RP agent) ที่ผ่านการรับรอง



7. สรุป: Digital ID สำหรับต่างชาติไม่ใช่ทางเลือก แต่คือโครงสร้างพื้นฐานความมั่นคง

ระบบ Digital ID สำหรับบุคคลต่างชาติจึงไม่ใช่เพียงเครื่องมือในการเข้าถึงบริการดิจิทัลเท่านั้น หากแต่เป็นองค์ประกอบสำคัญของ โครงสร้างพื้นฐานด้านความมั่นคงของรัฐ ที่เชื่อมโยงกับการบริหารจัดการประชากร การตรวจสอบตัวตน และการควบคุมความเสี่ยงในระดับระบบ

การวิเคราะห์ที่ครอบคลุมนี้แสดงให้เห็นว่าระบบอัตลักษณ์ดิจิทัลที่แข็งแกร่งและครอบคลุมสำหรับชาวต่างชาติในประเทศไทยไม่ได้เป็นเพียงทางเลือกอีกต่อไป แต่เป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ของโครงสร้างพื้นฐานด้านความมั่นคงของชาติ การพัฒนาเศรษฐกิจ และสวัสดิการสังคม แนวทางที่แยกส่วนในปัจจุบันและประชากรชาวต่างชาติที่ไม่ได้ลงทะเบียนจำนวนมากก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านมนุษยธรรม เศรษฐกิจ และความมั่นคงอย่างมาก รวมถึงการแสวงหาประโยชน์ การฉ้อโกง ความท้าทายด้านสาธารณสุข และความเปราะบางต่อภัยคุกคามข้ามชาติ

ระบบ Digital ID ที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดีนำเสนอโอกาสในการเปลี่ยนแปลง: การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร การยับยั้งกิจกรรมที่ผิดกฎหมาย การอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงบริการที่

จำเป็น การส่งเสริมการเข้าถึงบริการทางการเงิน และการเพิ่มผลงานทางเศรษฐกิจของแรงงานต่างชาติให้สูงสุด โครงการริเริ่มต่างๆ เช่น TDAC และ NDID ถือเป็นก้าวแรกที่สำคัญ แต่จำเป็นต้องมีวิสัยทัศน์ที่บูรณาการและครอบคลุมมากขึ้น

เพื่อให้ได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่และลดความท้าทายที่ระบุไว้ ประเทศไทยจะต้องใช้แนวทางเชิงรุกที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลางและใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปฏิรูปพื้นฐานในการกำกับดูแลการย้ายถิ่น การปฏิบัติตามมาตรฐานความมั่นคงทางไซเบอร์และข้อมูลส่วนบุคคลระดับโลก (เช่น หลักการ NIST, PDPA, GDPR) และการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องกับภาคประชาสังคม

ด้วยการยอมรับกรอบงาน Digital ID ที่เป็นหนึ่งเดียว ปลอดภัย และครอบคลุมสำหรับชาวต่างชาติทุกคน ประเทศไทยไม่เพียงแต่จะสามารถจัดการกับช่องโหว่ด้านความมั่นคงที่สำคัญเท่านั้น แต่ยังสามารถปลดล็อกศักยภาพสูงสุดของประชากรต่างชาติที่หลากหลาย ส่งเสริมอนาคตดิจิทัลที่ปลอดภัย เท่าเทียม และเจริญรุ่งเรืองยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับความพยายามในการบูรณาการระดับภูมิภาค เช่น ASEAN DEFA ดังนั้น อัตลักษณ์ดิจิทัลสำหรับชาวต่างชาติจึงเป็นรากฐานสำคัญสำหรับความมั่นคงของชาติและการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย

อ้างอิง

- [1] “Digital identity revolution to transform Thai economy,” Bangkok Post. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.bangkokpost.com/business/general/3037931/digital-identity-revolution-to-transform-thai-economy>
- [2] C. Hacker, “Shaping the Digital Future: Regulatory Updates from Thailand,” Tech For Good Institute. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://techforgoodinstitute.org/blog/expert-opinion/shaping-the-digital-future-thailands-regulatory-response/>
- [3] “Thailand Launches Mandatory Digital Arrival Card for Foreign Nationals - Tilleke & Gibbins,” Tilleke & Gibbins. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.tilleke.com/insights/thailand-launches-mandatory-digital-arrival-card-for-foreign-nationals/38/>
- [4] “How to achieve universal access to digital IDs,” Brookings. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.brookings.edu/articles/principles-for-designing-reliable-digital-id-systems/>
- [5] Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.migrationpolicy.org/sites/default/files/publications/LeveragingMigration.pdf>
- [6] M. Bylander and G. Reid, “Criminalizing Irregular Migrant Labor: Thailand’s Crackdown in Context,” migrationpolicy.org. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.migrationpolicy.org/article/criminalizing-irregular-migrant-labor-thailands-crackdown-context>

- [7] S. Julchoo, N. Pudpong, M. Phaiyarom, P. Sinam, A. Khunakorncharatphong, and R. Suphanchaimat, "Health status and barriers to healthcare access among 'son-in-law Westerners': A qualitative case study in the northeast of Thailand," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, no. 21, p. 11017, Oct. 2021.
- [8] A. Macdonald, "Thailand integrates biometric ID management into public health ecosystem," BiometricUpdate.com. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.biometricupdate.com/202504/thailand-integrates-biometric-id-management-into-public-health-ecosystem>
- [9] "Modern slavery in Thailand," Walk Free. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.walkfree.org/global-slavery-index/country-studies/thailand/>
- [10] Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.iseas.edu.sg/articles-commentaries/iseas-perspective/2025-45-global-inequality-and-digital-vulnerability-unpacking-online-scams-and-human-trafficking-by-surachanee-sriyai/>
- [11] SPP, "Challenges for the Rights of Refugee Children in Thailand under the UN Convention and the Reservation Withdrawals: Inclusive Policy, Exclusive Practice," School of Public Policy, Chiang Mai University. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://spp.cmu.ac.th/challenges-for-the-rights-of-refugee-children-in-thailand-under-the-un-convention-and-the-reservation-withdrawals-inclusive-policy-exclusive-practice/>
- [12] "Tax Identification Number Thailand," Siam Legal International. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.siam-legal.com/Business-in-Thailand/tax-identification-number-thailand.php>
- [13] "Preventing Misuse of Identification Documents in Thailand: Legal Insights and Case Study," Siam Center Law Group. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://siamcenterlawgroup.com/preventing-misuse-of-identification-documents-in-thailand-legal-insights-and-case-study/>
- [14] M. Aoki, "Thailand's migrant worker management policy as regional development strategy." Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: https://www.ide.go.jp/library/English/Publish/Reports/Ec/pdf/201902_02_ch07.pdf
- [15] Economic Transformation, "BRIDGING THE GAP:" Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://publications.iom.int/system/files/pdf/pub-2023-115-r-bridging-the-gap-labour-migration-thailand.pdf>
- [16] F. House, "Thailand: Transnational Repression Host Country Case Study," Freedom House, May 2022. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://freedomhouse.org/report/transnational-repression/thailand>
- [17] A. Flaim and S. J. Nawyn, "Identity digitalization as dispossession and entrenched displacement: digitalization at the nexus of migration 'management' and climate change in Thailand and Türkiye," *Front. Hum. Dyn.*, vol. 5, Jan. 2024, doi: 10.3389/fhumd.2023.1227255.
- [18] "Digital Identity: Beginner's Guide 2025." Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available:

- <https://www.dock.io/post/digital-identity>
- [19] Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: https://ijaradem.com/admin/img/25_Blockchain
- [20] “What is an Identity Provider (IdP)?,” Learning Center. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.imperva.com/learn/data-security/identity-providers-idps/>
- [21] “Digital Identity 101: An Introduction to Digital Identity in Public Benefits Programs,” Digital Government Hub. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://digitalgovernmenthub.org/publications/digital-identity-101-an-introduction-to-digital-identity-in-public-benefits-programs/>
- [22] “Alien Registration Requirement,” USCIS. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.uscis.gov/alienregistration>
- [23] L. Jung-joo, “How to apply for a digital foreign resident ID card,” The Korea Herald. Accessed: Jun. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.koreaherald.com/article/10389035>
- [24] “Aadhaar Enrolment Process,” Unique Identification Authority of India | Government of India. Accessed: Jun. 23, 2025. [Online]. Available: <https://uidai.gov.in/en/contact-support/have-any-question/296-english-uk/faqs/enrolment-update/aadhaar-enrolment-process.html>
- [25] “Thailand Launches Mandatory Digital Arrival Card for Foreign Nationals - Tilleke & Gibbins,” Tilleke & Gibbins. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.tilleke.com/insights/thailand-launches-mandatory-digital-arrival-card-for-foreign-nationals/38/>
- [26] “Reimagining digital identity: towards responsible digital identity practices among Karen refugees in Thailand,” The British Academy. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.thebritishacademy.ac.uk/projects/reimagining-digital-identity-towards-responsible-digital-identity-practices-among-karen-refugees-in-thailand/>
- [27] “Who is eligible?,” Knowledge base. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://learn.e-resident.gov.ee/hc/en-gb/articles/360000625078-Who-is-eligible>
- [28] E. Lars, “e-Residency,” e-Estonia. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://e-estonia.com/solutions/estonian-e-identity/e-residency/>
- [29] E. T. Online, “Lost your Emirates ID in the UAE? Here’s how you can access it digitally,” Economic Times. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://economictimes.indiatimes.com/nri/work/lost-your-emirates-id-in-the-uae-heres-how-you-can-access-it-digitally/articleshow/121922904.cms?from=mdr>
- [30] “[No title].” Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://uaepass.ae/>
- [31] “myMOM Portal,” Ministry of Manpower Singapore. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.mom.gov.sg/eservices/services/mymom-portal>
- [32] “Singpass Foreign user Account (SFA) for Foreign Individuals,” Default. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.iras.gov.sg/digital-services/others/singpass-foreign-user-account-sfa-for-foreign-individuals>
- [33] “NRI & Aadhaar,” Unique Identification Authority of India | Government of India. Accessed: Jun. 24,

2025. [Online]. Available: <https://uidai.gov.in/en/contact-support/have-any-question/291-faqs/your-aadhaar/nri-aadhaar.html>

[34] Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available:

<https://www.gfmd.org/sites/g/files/tmzbd11801/files/documents/Colombia2024-2025/Feb>

[35] K. K. Hourn, "Why ASEAN's new Digital Economy Framework Agreement is a game-changer," World Economic Forum. Accessed: Jun. 24, 2025. [Online]. Available:

<https://www.weforum.org/stories/2025/05/asean-digital-economy-framework-agreement-a-gamechanger/>

[36] B. T. F. Lee, L. D. Dinh, J. P. Sims, and S. Ali, "ASEAN digital economy framework agreement (DEFA): Implications for digital trade and regional economic integration," *jsgs*, vol. 8, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.7454/jsgs.v8i1.1166.