กรมควบคุมมลพิษ
POLLUTION CONTROL DEPARTMENT

(ร่าง) หลักเกณฑ์การประเมินค่าความเสียหาย ต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรกฎาคม ๒๕๖๖

คำนำ

เหตุอุบัติภัยจากสารเคมีและการลักลอบทิ้งกากของเสียทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษที่เป็นอันตรายปนเปื้อนลงในพื้นดิน น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน หรือแม้กระทั่งแพร่กระจายไปในอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงสุขภาพอนามัยและการประกอบอาชีพของประชาชนโดยที่ผู้ก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษดังกล่าวมีหน้าที่ต้องรับผิดชอบชดใช้ค่าสินไหมทดแทนหรือค่าความเสียหายที่ตนเป็นต้นเหตุให้ชีวิตและทรัพย์สินผู้อื่นหรือของรัฐ ตลอดจนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเสียหายตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ แต่ที่ผ่านมายังไม่มีการกำหนดแนวทางการประเมินความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีความชัดเจนและเป็นรูปแบบเดียวกันทั่วประเทศ

กรมควบคุมมลพิษ ได้ตระหนักถึงความจำเป็นและความสำคัญของในเรื่องดังกล่าว จึงได้จัดทำหลักเกณฑ์การประเมินความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เจ้าหน้าที่กรมควบคุมมลพิษ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้อ้างอิงและเป็นกรอบแนวทางปฏิบัติในการประเมินเพื่อเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนหรือค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากปัญหามลพิษและอุบัติภัยจากสารเคมีที่เกิดจากผู้ก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ เพื่อนำมาใช้ในการบำบัดฟื้นฟูหรือการจัดหามาทดแทนส่วนที่เสียหายหรือสูญเสียไป รวมถึงการชดเชยให้กับผู้ได้รับผลกระทบ หรือผู้เสียโอกาสจากความเสียหายดังกล่าว ตลอดจนเพื่อป้องปรามการกระทำผิดเกี่ยวกับปัญหามลพิษและอุบัติภัยจากสารเคมีที่เกิดขึ้นซ้ำซากในอนาคตอีกทางหนึ่งด้วย ทั้งนี้หลักเกณฑ์ฯ ที่จัดทำขึ้นมีเนื้อหาประกอบด้วย การจำแนกมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อมรวมเทคนิคการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อม วิธีการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ทรัพยากรดิน น้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน คุณภาพอากาศ และทรัพยากรป่าไม้

กรมควบคุมมลพิษ
กรกฎาคม ๒๕๖๖

DRAFT

สารบัญ

หน้า

คำนำ ข

สารบัญ ง

สารบัญรูป จ

สารบัญตาราง ฉ

บทที่ ๑ บทนำ ๑ - ๑

๑.๑ หลักการและเหตุผล ๑ - ๑

๑.๒ ขอบเขต ๑ - ๑

บทที่ ๒ การจำแนกและเทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๒ – ๑

๒.๑ การจำแนกมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๒ – ๑

๒.๑.๑ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Use Value) ๒ – ๑

๒.๑.๑.๑ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางตรง (Direct Use Value) ๒ – ๑

๒.๑.๑.๒ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางอ้อม (Indirect Use Value) ๒ – ๑

๒.๑.๑.๓ มูลค่าเผื่อใช้ (Option Value) ๒ – ๒

๒.๑.๒ มูลค่าจากการไม่ใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Non – use Value) ๒ – ๒

๒.๑.๒.๑ มูลค่าจากการที่ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ประโยชน์กับมนุษย์ในรูปแบบของความรู้สึก หรือการสร้างความรู้สึกที่ดี ๒ – ๒

๒.๑.๒.๒ มูลค่าที่เก็บรักษาไว้เพื่อให้คนรุ่นต่อไปได้ใช้ในวันข้างหน้า (Bequest value) ๒ – ๒

๒.๒ เทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๒ – ๓

๒.๒.๑ การประเมินมูลค่าผ่านราคาตลาด (Market-based approaches) ๒ – ๓

๒.๒.๒ การประเมินมูลค่าด้วยวิธีสังเกตความพึงพอใจที่เปิดเผย (Revealed preference techniques) ๒ – ๓

๒.๒.๓ การประเมินมูลค่าโดยการวัดความพึงพอใจโดยตรง (Stated preference approaches) ๒ – ๔

๒.๒.๔ การประเมินมูลค่าโดยการโอนย้ายมูลค่า (Benefit Transfer: BT) ๒ – ๔

๒.๓ เทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามลักษณะของผลกระทบ ๒ – ๗
๒.๓.๑ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตและต้นทุนทางตรง (Changes in Production) ๒ – ๗
๒.๓.๑.๑ การประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากผลกระทบต่อผลผลิต (change – in – productivity) ๒ – ๗
๒.๓.๑การประเมินมูลค่า ๒.ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเมื่อเป็นปัจจัยการผลิต)Environmental quality as a Factor Input) ๒ – ๗
๒.๓.๒ การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมผ่านการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อม (Change in Environmental Quality) ๒ – ๘
๒.๓.๒.๑ การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมผ่านต้นทุนการเจ็บป่วยและต้นทุนมนุษย์ (Cost of illness and human capital) ๒ – ๘
๒.๓.๒.๒ การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากต้นทุน (Cost – based approaches) ๒ – ๘
๒.๓.๒.๓ การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมด้านการพักผ่อนหย่อนใจ ธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ (Valuing Environmental Amenities: Recreation, Nature, and Biodiversity) ๒ – ๑๐
๒.๓.๓ การประเมินโดยวิธีการถ่ายโอนผลประโยชน์ (Benefit Transfer Method) ๒ – ๑๑
บทที่ ๓ ขั้นตอนการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๓ – ๑
บทที่ ๔ แนวคิดและวิธีการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๔ - ๑
๔.๑ แนวคิดในการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๔ – ๑
๔.๒ วิธีการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๔ – ๖
๔.๒.๑ ทรัพยากรดิน ๔ – ๗
๔.๒.๒ ทรัพยากรน้ำใต้ดิน ๔ – ๑๕
๔.๒.๓. ทรัพยากรน้ำผิวดิน ๔ – ๒๑
๔.๒.๔ คุณภาพอากาศและเสียง ๔ – ๒๗
๔.๒.๕ ทรัพยากรป่าไม้ ๔ – ๓๒
๔.๒.๖ บทสรุป ๔ – ๓๔
เอกสารอ้างอิง ๕ – ๑
ภาคผนวก ก เทคนิคการบำบัดฟื้นฟูดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน ก - ๑
ภาคผนวก ข เอกสารเผยแพร่ที่ ๓/๒๕๕๔ เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้” ข – ๑
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ค - ๑

DRAFT

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ ๒-๑ แสดงมูลค่าจากการใช้และการไม่ใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๒ – ๒
รูปที่ ๒-๒ แสดงแผนผังทางการเลือกเทคนิคการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสถานการณ์ ๒ – ๖
รูปที่ ๓-๑ แสดงขั้นตอนการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๓ – ๒
รูปที่ ๓–๒ แสดงกระบวนการประเมินพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อบ่งชี้ขอบเขต ระดับความรุนแรงและลักษณะของผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ๓ – ๕

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ๓ ๑ – แสดงสินค้าและบริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจำแนกตามระบบ TEEB ๓ – ๔

ตารางที่ ๔-๑ แสดงแนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท ๔ – ๑

ตารางที่ ๔–๒ ตัวอย่างหัวข้อที่ต้องพิจารณาในการประมาณการค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างระบบและการบำรุงรักษาระบบการบำบัดดินและน้ำใต้ดิน ๔ – ๙

DRAFT

บทที่ ๑
บทนำ

๑.๑ หลักการและเหตุผล

เหตุอุบัติภัยจากสารเคมีรั่วไหล ระเบิด และเพลิงไหม้ จากการผลิตและครอบครองสารเคมีที่ไม่ปลอดภัย และการขนส่งสารเคมี ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อมเป็นอันมาก จากสถิติการเกิดอุบัติภัยจากสารเคมีในช่วงระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๖๕ พบว่าเกิดอุบัติภัยจากสารเคมีจำนวนไม่น้อยกว่า ๑๓๕ ครั้ง เป็นการรั่วไหลสารเคมี ๔๒ ครั้ง เพลิงไหม้โรงงานที่มีสารเคมีและหรือพลาสติก ๙๓ ครั้ง ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อประชาชน ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้าง นอกจากนี้ ปัญหาการลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมยังมีอย่างต่อเนื่อง ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. ๒๕๕๕ – ๒๕๖๕ พบว่าการลักลอบทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรม จำนวนไม่น้อยกว่า ๘๑ ครั้ง ซึ่งทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารมลพิษที่เป็นอันตรายที่ชะจากกองกากของเสียดังกล่าวปนเปื้อนลงในพื้นดิน น้ำใต้ดิน และอาจไหลสู่แหล่งน้ำผิวดินหรือพื้นที่เกษตรกรรม ปศุสัตว์ และแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประชาชนบริเวณข้างเคียง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงสุขภาพอนามัยและการประกอบอาชีพของประชาชนที่อาศัยอยู่พื้นที่ใกล้เคียง โดยที่ผู้ก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษดังกล่าวมีหน้าที่ต้องรับผิดชดใช้ค่าสินไหมทดแทนหรือค่าเสียหายที่ตนเป็นต้นเหตุให้เกิดการรั่วไหลหรือแพร่กระจายของมลพิษอันเป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทั้งในบริเวณดังกล่าวและบริเวณข้างเคียง ถูกทำลาย เสื่อมโทรม และได้รับความเสียหาย ตลอดจนทำให้ผู้อื่นได้รับอันตรายแก่ชีวิต ร่างกาย หรือสุขภาพอนามัย หรือเป็นเหตุให้ทรัพย์สินของผู้อื่นหรือของรัฐเสียหาย ตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมหมวดความรับผิดทางแพ่ง

อย่างไรก็ตาม การประเมินค่าสินไหมทดแทนหรือค่าเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมดังกล่าวยังไม่มีการกำหนดแนวทางการประเมินที่มีความชัดเจน ทำให้ยังไม่มีการดำเนินการเรียกร้องค่าสินไหมทดแทนหรือค่าเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เป็นรูปแบบเดียวกันทั่วทั้งประเทศ กรมควบคุมมลพิษจึงดำเนินการศึกษาแนวทางการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากปัญหามลพิษและอุบัติภัยจากสารเคมีขึ้น เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่ของกรมควบคุมมลพิษและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องใช้ในการดำเนินงานให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

๑.๒ ขอบเขต

๑.๒.๑) หลักเกณฑ์การประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้อ้างอิงในการคำนวณค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากปัญหามลพิษและอุบัติภัยสารเคมี เพื่อประกอบการเรียกร้องค่าชดเชยหรือค่าความเสียหายจากผู้ก่อให้เกิดมลพิษที่เป็นเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ ตามมาตรา ๙๖ และ มาตรา ๙๗ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. ๒๕๓๕ และกฎหมายอื่นที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีอำนาจ

๑.๒.๒) มูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมครอบคลุมมูลค่าจากการใช้ประโยชน์ในปัจจุบันและในอนาคต เมื่อเกิดความเสียหายจำเป็นต้องมีมาตรการในการฟื้นฟูที่อาจใช้ระยะเวลาในการกลับคืนมาสมบูรณ์ได้ดังเดิม ดังนั้น การประเมินมูลค่าความเสียหายในหลักเกณฑ์ฉบับนี้จะครอบคลุมในด้านการบำบัดฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพเดิม อาทิ ค่าความเสียหายจากค่าใช้จ่ายในการบำบัดฟื้นฟู การขจัดการปนเปื้อนมลพิษหรือการยับยั้งการแพร่กระจายมลพิษอย่างเร่งด่วน การบำบัดฟื้นฟูการปนเปื้อนมลพิษระยะยาว การตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมระหว่างการบำบัดฟื้นฟู รวมทั้ง ค่าใช้จ่ายที่ภาครัฐใช้ในการประเมินขอบเขตและระดับความรุนแรงของการปนเปื้อน การระงับและบรรเทาความเสียหาย และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

๑.๒.๓) หลักเกณฑ์การประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในที่นี้ไม่รวมถึงกรณีความเสียหายใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุเดือดร้อนรำคาญต่าง ๆ

บทที่ ๒
การจำแนกและเทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นการวัดมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาจมีผลต่อคุณภาพชีวิตหรือความกินดีอยู่ดีของมนุษย์ การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในหน่วยของเงินตราสามารถวัดได้ทั้งผ่านกลไกตลาดหรือกลไกราคาของสินค้า เช่น ข้าวหรือปลา จำนวน ๑ กิโลกรัม เนื้อไม้ จำนวน ๑ ลูกบาศก์เมตร ผักป่า จำนวน ๑ กิโลกรัม เป็นต้น และบริการที่กลไกตลาดไม่สามารถสะท้อนมูลค่าที่แท้จริงได้ เช่น ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่ใกล้สูญพันธุ์ ผลกระทบต่อทิวทัศน์สวยงาม ผลกระทบต่อถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ ผลกระทบต่อการพักผ่อนหย่อนใจ ความหลากหลายทางชีวภาพ มรดกทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ ผลต่อคุณค่าทางจิตใจ เป็นต้น ดังนั้น การประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจึงต้องคำนึงถึงเทคนิคการประเมินมูลค่าตามกลไกตลาดและกลไกอื่นนอกเหนือจากกลไกตลาดตามลักษณะการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วย

๒.๑ การจำแนกมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

นักเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมได้จำแนกมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งหมด (Total Economic Value: TEV) ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ออกเป็น ๒ ประเภทหลัก ได้แก่ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ (Use Value) และมูลค่าจากการไม่ใช้ประโยชน์แต่มีคุณค่าด้านอื่น ๆ (Non - use Value) **ดังรูปที่ ๒ - ๑**

๒.๑.๑ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Use Value) จำแนกเป็นกลุ่มย่อย ได้ดังนี้

๒.๑.๑.๑ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางตรง (Direct Use Value) โดยเป็นแหล่งสร้างรายได้ เป็นแหล่งให้การอุปโภคบริโภค เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ ซึ่งส่วนใหญ่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือผลกระทบในเชิงลบต่อทรัพยากรนั้น ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทำให้ปริมาณทรัพยากรที่มีลดน้อยลงไป เช่น การใช้น้ำเพื่อการบริโภคหรือผลิตในภาคอุตสาหกรรมและการทำการประมง เป็นต้น และการใช้ประโยชน์ที่ไม่ได้ทำให้ปริมาณลดน้อยลง แต่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงไปในทางลบหรือเสื่อมโทรมลง เช่น การดำน้ำดูปะการังที่ส่งผลทำให้ปะการังเสื่อมโทรม การใช้น้ำในกระบวนการผลิตและปลดปล่อยน้ำเสียออกมา มีผลทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อม (ดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน เป็นต้น) ที่เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียดังกล่าว เสื่อมโทรม ถูกทำลาย หรือได้รับความเสียหายได้ เป็นต้น

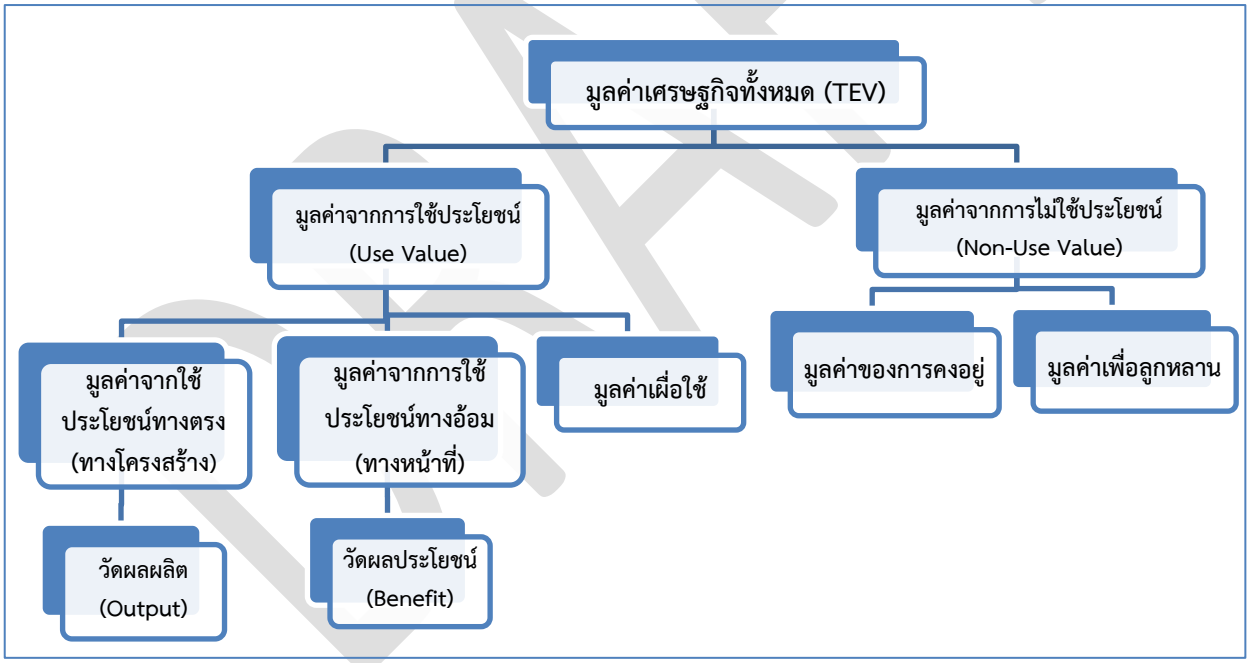
๒.๑.๑.๒ มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางอ้อม (Indirect Use Value) ตัวอย่างเช่น ประโยชน์ทางอ้อมของป่าชายเลนนอกจากจะช่วยป้องกันการกัดเซาะของชายฝั่งทะเลแล้ว ยังเป็นแหล่งอนุบาลลูกปลา และยังทำหน้าที่เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน เป็นแหล่งสร้างสมดุลให้กับระบบนิเวศ เป็นแหล่งสร้างความชุ่มชื้นให้กับชุมชน เป็นต้น

๒.๑.๑.๓ มูลค่าเผื่อใช้ (Option Value) จากการที่ประชาชนไม่ได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อมไม่ว่าจะในรูปแบบใด แต่คาดว่าหรืออาจจะมีโอกาสใช้ประโยชน์ในอนาคต

๒.๑.๒ มูลค่าจากการไม่ใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Non – use Value) จำแนกเป็นกลุ่มย่อย ได้ดังนี้

๒.๑.๒.๑ มูลค่าจากการที่ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้ประโยชน์กับมนุษย์ในรูปแบบของความรู้สึก หรือการสร้างความรู้สึกที่ดี หมายถึง มูลค่าของการคงอยู่ (Existence Value) หรือมูลค่าที่เราให้เพื่อที่จะรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมไว้ให้คงอยู่ แม้ว่าจะคิดว่าไม่ได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมนั้นไม่ว่าในวันนี้หรือในอนาคต ตัวอย่างเช่น คนไทยส่วนใหญ่อาจจะไม่เคยเห็นพะยูน และไม่คิดว่าในอนาคตจะได้เห็นพะยูน แต่เพียงแค่รู้ว่าพะยูนยังคงอยู่ก็เพียงพอแล้ว

๒.๑.๒.๒ มูลค่าที่เก็บรักษาไว้เพื่อให้คนรุ่นต่อไปได้ใช้ในวันข้างหน้า (Bequest Value) หมายถึง มูลค่าที่ทราบว่าทรัพยากรธรรมชาติจะยังคงอยู่ไว้ให้ลูกหลาน ตัวอย่างเช่น เราทราบว่าพะยูนอยู่ในสภาพดีและลูกหลานของเราหรือประชาชนรุ่นหลังได้มีโอกาสเห็นพะยูน เป็นต้น



รูปที่ ๒ - ๑ แสดงมูลค่าจากการใช้และการไม่ใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อย่างไรก็ตาม การประเมินมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมักไม่ดำเนินการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งหมด (TEV) เนื่องจากต้องใช้ทรัพยากรในการศึกษามาก แต่จะทำการประเมินมูลค่าเฉพาะบางประเภทหรือเฉพาะที่ได้รับผลกระทบเท่านั้น เช่น ปะการังในอ่าวไทยมีมูลค่าเชิงนันทนาการเท่าไร หรือปะการังในอ่าวไทยมีมูลค่าต่อธุรกิจประมงเท่าไร เป็นต้น

๒.๒ เทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เทคนิคการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจำแนกออกเป็น ๔ แนวทางหลัก ตามหลักการใช้กลไกตลาดและกลไกอื่นนอกเหนือจากกลไกตลาด ดังนี้

๒.๒.๑ การประเมินมูลค่าผ่านกลไกการตลาด (Market-based approaches) เทคนิคนี้ต้องใช้ข้อมูลราคาตลาดที่สะท้อนถึงความพึงใจหรือราคาที่แท้จริง ข้อมูลเหล่านี้อาจหาได้ง่ายทั้งจากราคาตลาดจริงและราคากลางที่มีการประกาศจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ บริการที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศมักไม่มีราคาตลาดที่แท้จริงหรือเป็นราคาที่มีการบิดเบือน แนวทางการประเมินมูลค่าผ่านราคาตลาดจำแนกย่อยได้เป็น ๓ วิธี ดังนี้

- วิธีที่อาศัยราคาตลาด (Market price-based approaches) เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินมูลค่าผลประโยชน์หรือการบริการจากทรัพยากรธรรมชาติในด้านการเป็นแหล่งผลิต (Provisioning Services) โดยสินค้าต่าง ๆ ที่ได้จากบริการด้านนี้มักจะมีการซื้อขายกันในระบบตลาด จึงสามารถใช้ราคาสินค้าเป็นตัวชี้วัดถึงมูลค่าของบริการด้านนี้ได้ เช่น หน่อไม้ ไม้ไผ่/เห็ดที่หาได้จากป่า เป็นต้น เมื่อนำไปคูณกับราคาตลาดของสินค้าชนิดนั้นๆ จะได้มูลค่าบริการด้านการเป็นแหล่งผลิต

- วิธีประเมินโดยใช้ต้นทุน (Cost-based Approaches) เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินมูลค่าผลประโยชน์หรือบริการจากทรัพยากรธรรมชาติด้วยการประมาณการต้นทุนที่เกิดขึ้นเพื่อการปกป้อง ฟื้นฟู หรือทดแทนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เทคนิคในการประเมินมูลค่าด้วยวิธีนี้ ประกอบด้วย การคิดต้นทุนการหลีกเลี่ยงการได้รับผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ การคิดต้นทุนจากการทดแทนทรัพยากรธรรมชาติ และการคิดต้นทุนจากการบรรเทาหรือฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- วิธีประเมินจากบทบาทในการผลิต (Production Function-based Approaches) วิธีนี้ใช้ประเมินมูลค่าของบริการด้านการควบคุมกลไกของระบบนิเวศ (Regulating Services) โดยการประมาณการปริมาณที่ทรัพยากรธรรมชาติช่วยในการเพิ่มการผลิตสินค้าและการให้บริการอื่น ๆ ที่มีมูลค่าการซื้อขายกันในระบบตลาด วิธีประเมินนี้ประกอบด้วย ๒ ขั้นตอน ได้แก่ ๑) การประเมินขนาดการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรธรรมชาติหรือระดับการเปลี่ยนแปลงของการบริการจากระบบนิเวศ ๒) การประเมินมูลค่าของการเปลี่ยนแปลงสินค้าและบริการจากสิ่งแวดล้อมด้วยมูลค่าที่มีการซื้อขายในตลาด โดยควรมีการแยกแยะระหว่างมูลค่าผลผลิตทั้งหมด (Output) และผลผลิตส่วนเพิ่มเมื่อเพิ่มปัจจัยการผลิต ๑ หน่วย ในขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ คงที่ (Marginal Product)

๒.๒.๒ การประเมินมูลค่าด้วยวิธีสังเกตความพึงพอใจที่เปิดเผย (Revealed preference techniques) จะขึ้นอยู่กับการสังเกตพฤติกรรมการเลือกบริการจากระบบนิเวศ (Ecosystem Services) ของแต่ละบุคคลในท้องตลาด อย่างไรก็ตาม ความไม่สมบูรณ์และความล้มเหลวของนโยบายในตลาดสามารถบิดเบือนราคาตลาดที่แท้จริงของนิเวศบริการได้ การประเมินด้วยวิธีการนี้ต้องการข้อมูลที่มีคุณภาพและการวิเคราะห์เชิงสถิติที่ซับซ้อน ซึ่งอาจทำให้มีค่าใช้จ่ายและใช้เวลาในการดำเนินการมากขึ้น เทคนิคการประเมินด้วยวิธีนี้ มีดังนี้

- วิธีประเมินต้นทุนค่าเดินทาง (Travel cost method : TCM) หรือ ค่านันทนาการของระบบนิเวศ จะขึ้นอยู่กับหลักการที่ว่าการเดินทางท่องเที่ยวมีค่าใช้จ่าย ทั้งค่าใช้จ่ายโดยตรง หรือค่าเสียเวลาในการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยว โดยการเปลี่ยนแปลงทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของพื้นที่นันทนาการสามารถนำไปประเมินมูลค่าได้จากการประมาณการอุปสงค์ในการเดินทางท่องเที่ยวสถานที่ดังกล่าว

- วิธีประเมินมูลค่าอสังหาริมทรัพย์หรือค่าจ้าง เป็นวิธีเชื่อมโยงอุปสงค์ต่อคุณลักษณะด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับกลุ่มตลาดขนาดใหญ่ เช่น ที่ดินที่มีทิวทัศน์สวยงามจะมีมูลค่าสูงกว่าที่ดินทั่วไป ดังนั้น มูลค่าของการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจะสะท้อนให้เห็นด้วยการเปลี่ยนแปลงในมูลค่าของสินทรัพย์นั้นๆ และสามารถอุปมานได้จากความต้องการในสินทรัพย์นั้น

๒.๒.๓ การประเมินมูลค่าโดยการวัดความพึงพอใจโดยตรง (Stated preference approaches) เป็นวิธีการจำลองตลาดและอุปสงค์ต่อบริการจากระบบนิเวศผ่านการสำรวจโดยสร้างสถานการณ์สมมติว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของบริการจากระบบนิเวศ โดยวิธีนี้สามารถประเมินได้ทั้งมูลค่าที่มีการใช้ประโยชน์ระบบนิเวศ และมูลค่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ระบบนิเวศ และส่วนมากเป็นวิธีที่นำมาประเมินมูลค่าจากการไม่ใช้ประโยชน์ระบบนิเวศ แต่ความน่าเชื่อถือของการประเมินโดยวิธีนี้ยังคงเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ นอกจากนี้ การเตรียมชุดคำถาม การส่งชุดคำถามให้กับกลุ่มเป้าหมาย และการวิเคราะห์ผลแบบเศรษฐมิติ อาจทำให้มีค่าใช้จ่ายและใช้เวลาในการดำเนินการมากขึ้น เทคนิคการประเมินด้วยวิธีนี้ มีดังนี้

- วิธี Contingent valuation method (CVM) หรือ การประเมินมูลค่าสินค้าหรือบริการในกรณีที่ไม่มีตลาด (Non-market) โดยการใช้แบบสอบถามที่มีคำถามต่อความคิดเห็นในการจ่ายเงินเพื่อให้มีการบริการจากระบบนิเวศดีขึ้นหรือสูงขึ้น หรือในทางกลับกัน หากเกิดความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ กลุ่มตลาดเหล่านี้ยอมรับค่าความเสียหายได้เท่าไหร่

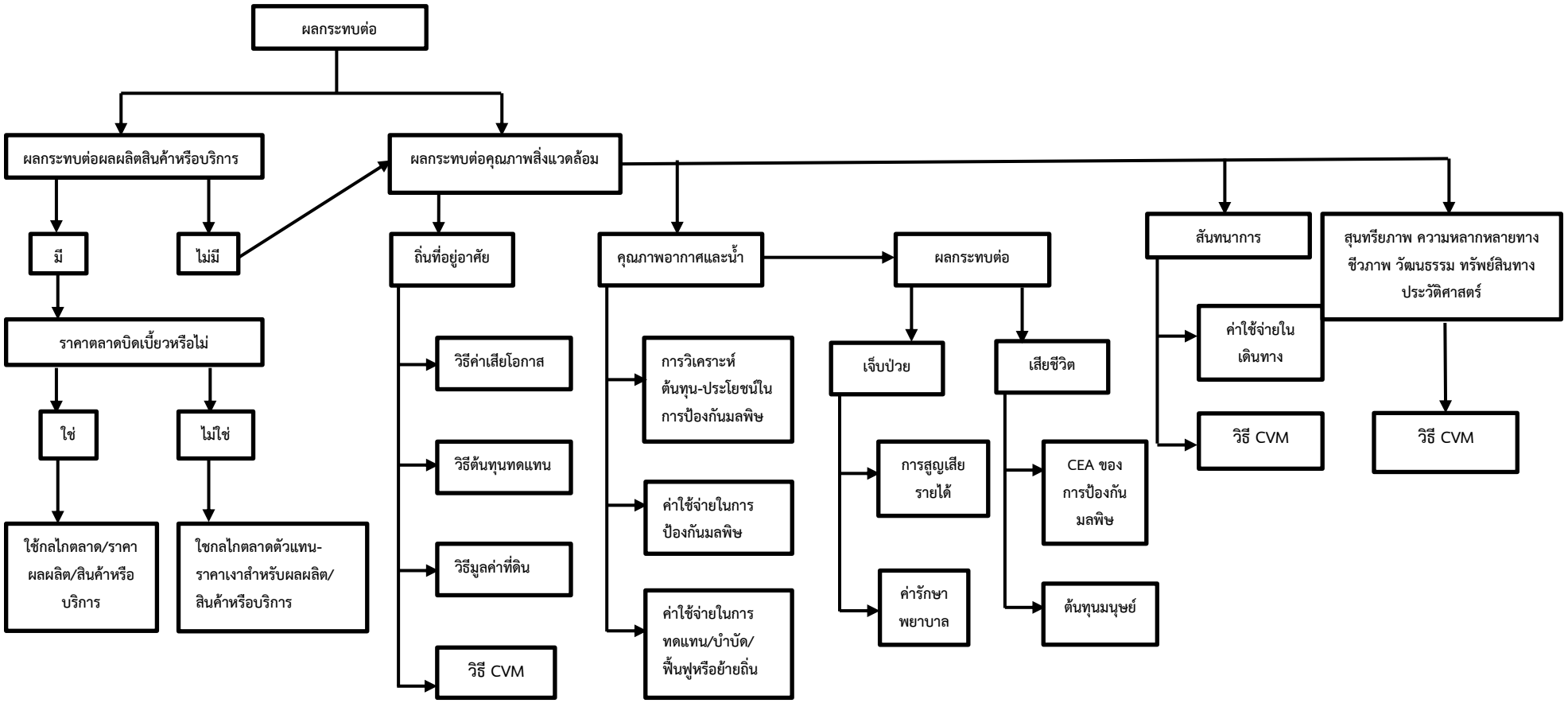
- วิธีแบบจำลองทางเลือก (Choice modeling : CM) กลุ่มตลาดแต่ละรายจะได้รับการนำเสนอสินค้าหรือบริการทางเลือกตั้งแต่ ๒ ทางเลือกขึ้นไป ที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งด้านคุณภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและคุณลักษณะที่เป็นมูลค่าตัวเงิน เพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ทำการตัดสินใจ โดยมีรูปแบบของแบบสอบถามสำหรับการตัดสินใจ ๔ รูปแบบ แตกต่างกันไปตามวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ (๑) การให้เลือกทางเลือกที่พึงพอใจมากที่สุด (Choice Experiment) (๒) การให้เรียงลำดับความพึงพอใจ (Contingent Ranking) (๓) การให้คะแนนความพึงพอใจในแต่ละทางเลือก (Contingent Rating) และ (๔) การให้เปรียบเทียบทางเลือก ๒ ทางเลือก (Paired Comparisons) ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจที่ผู้บริโภคมีต่อคุณลักษณะด้านต่างๆของสินค้าหรือบริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่อไป

- วิธีการประเมินแบบกลุ่ม เป็นการผสมรวมวิธีการประเมินจากการวัดความพึงพอใจโดยตรงกับนโยบายที่ต้องมีการลงทุนเพื่อรักษาคุณภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมระดับต่าง ๆ เช่น การเก็บภาษีระดับต่าง ๆ เพื่อผดุงความหลากหลายทางชีวภาพในระดับที่สอดคล้องกัน เป็นต้น

DRAFT

๒.๒.๔ การประเมินมูลค่าโดยการโอนย้ายมูลค่า (Benefit Transfer: BT) ในกรณีที่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาและงบประมาณและจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างเร่งด่วน วิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การนำผลการประเมินมูลค่าในอดีตที่มีลักษณะของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกันมาประยุกต์ใช้ ซึ่งก็คือ การประเมินมูลค่าโดยการโอนย้ายมูลค่าโดยการนำมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ได้ทำการประเมินไว้แล้วในอดีตในสถานที่หนึ่งไปประยุกต์ใช้ในอีกสถานที่ที่ต้องการประเมินมูลค่า

เทคนิคการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสถานการณ์ปรากฏดังแผนผังทางการเลือก **ดังรูปที่ ๒ – ๒** โดยเริ่มที่การพิจารณาลักษณะของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นแบบมีผลกระทบต่อการผลิตสินค้าหรือบริการ หรือมีผลกระทบต่อคุณภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมีการพิจารณาต่อเนื่องถึงสถานการณ์และผลกระทบที่เป็นไปได้ และพิจารณาเทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มักนำมาใช้ในสถานการณ์ดังกล่าว ยกตัวอย่างเช่น โครงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่งผลให้เกิดการลดขนาดป่าชายเลน ผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลลดลงเนื่องจากป่าชายเลนที่มีหน้าที่กรองน้ำและดักจับสารมลพิษมีขนาดลดลง และการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยของระบบนิเวศป่าชายเลน อย่างไรก็ตาม ป่าชายเลนอาจไม่ได้มีหน้าที่หลักในการผลิตสินค้าจึงอาจไม่ต้องใช้วิธีการประเมินมูลค่าจากผลกระทบต่อการผลิต เทคนิคการประเมินมูลค่าของคุณภาพน้ำลดลงมีหลายวิธี บางวิธีขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำคุณภาพดีทดแทน เช่น ค่าใช้จ่ายในการย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย/การจัดหาแหล่งน้ำทดแทน เป็นต้น บางวิธีประเมินจากการส่งผลให้เกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิต การเลือกเทคนิคการประเมินมูลค่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสถานการณ์และความพร้อมของข้อมูล การสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัยของระบบนิเวศก็สามารถประเมินมูลค่าได้สองแบบเช่นเดียวกัน



รูปที่ ๒ – ๒ แสดงแผนผังทางการเลือกเทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสถานการณ์

๒.๓ เทคนิคการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามลักษณะของผลกระทบ

๒.๓.๑ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตและต้นทุนทางตรง (Changes in Production)

๒.๓.๑.๑ การประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากผลกระทบต่อผลผลิต (change – in – productivity)

เป็นการประเมินผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปแบบผลผลิต/สินค้าที่สามารถวัดมูลค่าผ่านราคาตลาดได้ ตัวอย่างเช่น (๑) การสูญเสียป่าไม้ส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์จากป่าลดลง เช่น ไม้แปรรูป ถ่าน อาหารสัตว์ ของป่าที่ขายได้ อาทิ ผลไม้ สมุนไพร และเห็ด เป็นต้น และการประเมินมูลค่าป่าไม้ที่เสียไปก็สามารถประเมินจากมูลค่าทางเศรษฐกิจที่วัดและให้มูลค่าตามราคาตลาดได้ (๒) การประเมินค่าความเสียหายต่อภาคเกษตรกรรมจากน้ำท่วม และความเสียหายต่อการชลประทานจากการเสื่อมโทรมของพื้นที่ลุ่มน้ำ (๓) ผลผลิตทางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมบางประเภทอาจไม่สามารถประเมินโดยใช้ราคาตลาดได้ เช่น พืชผักที่ปลูกเพื่อบริโภคในบ้าน เป็นต้น แต่สามารถใช้วิธีการอื่น ๆ ในการเปรียบเทียบหรือเทียบเคียงกับราคาตลาดของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ลักษณะใกล้เคียงกัน หรือต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น การตีราคาจากพืชผักชนิดอื่น ๆ หรือเทียบเคียงจากค่าจ้างในการเก็บผัก เป็นต้น ความยากของวิธีนี้คือ การประมาณการจำนวนหรือปริมาณของผลผลิตที่ผลิตได้จากพื้นที่ก่อนและหลังการได้รับผลกระทบ เมื่อทราบจำนวนหรือปริมาณแล้วจึงทำให้การประเมินมูลค่าง่ายขึ้น

๒.๓.๑.๒ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเมื่อเป็นปัจจัยการผลิต (Environmental quality as a Factor Input)

เป็นการประเมินมูลค่าที่มองทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในฐานะที่ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยการผลิตในกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการ (Indirect Use Value) ตัวอย่างเช่น (๑) คุณภาพน้ำดีขึ้นทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งกุลาดำใช้สารเคมีปรับคุณภาพน้ำในปริมาณที่น้อยลง ส่งผลให้ราคากุ้งลดลงและผู้บริโภคได้ประโยชน์จากราคากุ้งลดลงและสร้างความต้องการการบริโภคมากขึ้น ทำให้ปริมาณการบริโภคเพิ่มขึ้นในภาพรวม (๒) การสูญเสียป่าชายเลนทำให้ปริมาณปลาลดลง เนื่องจากแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำเสื่อมโทรมหรือถูกทำลาย (๓) การสูญเสียป่าไม้ทำให้สูญเสียความสามารถในการดักจับคาร์บอนลดลงและการรักษาอุณหภูมิหรือการรักษาความเย็นลดลง (ต้นทุนค่าใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น) เป็นต้น

๒.๓.๒ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อม (Change in Environmental Quality)

๒.๓.๒.๑ การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมผ่านต้นทุนการเจ็บป่วยและต้นทุนมนุษย์ (Cost of illness and human capital)

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบางอย่าง เช่น มลพิษทางน้ำและทางอากาศ เป็นต้น มีผลต่อเนื่องกับสุขภาพมนุษย์ การประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์จากมลพิษจึงต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการก่อให้เกิดพิษ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปริมาณสาร (ระดับของมลพิษ) ที่รับสัมผัส และระดับหรือขนาดของผลกระทบต่อสุขภาพ (Dose - Response Approach) โดยค่าความเสียหายอาจพิจารณาจากต้นทุนของการเจ็บป่วยที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากมลพิษที่เพิ่มขึ้น และสามารถประเมินได้โดยใช้ข้อมูลจากต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ต้นทุนทางตรงในการตรวจวินิจฉัยโรค การรักษาพยาบาล และการพักฟื้น และต้นทุนทางอ้อม เช่น ต้นทุนค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการที่ไม่ได้ทำงาน หรือต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงอันเกิดจากการเจ็บป่วย เป็นต้น การประเมินด้วยเทคนิควิธีนี้มีการพิจารณาอย่างเป็นระบบ ดังนั้น ผลประโยชน์จากการดำเนินการเพื่อลดปริมาณมลพิษจะส่งผลให้จำนวนของผู้ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพลดลง ก็สามารถประเมินมูลค่าได้ด้วยวิธีเดียวกัน

๒.๓.๒.๒ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากต้นทุน (Cost – based approaches)

เมื่อผลประโยชน์ที่ได้จากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่สามารถวัดได้โดยตรง ข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) สามารถนำมาใช้ในการประเมินมูลค่าแทนได้ เช่น ขนาดของต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นกับสังคมจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม สามารถนำค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการลดหรือหลีกเลี่ยงผลกระทบหรือค่าใช้จ่ายในการจัดหาการบริการที่ควรได้จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทดแทน สมมติฐานหลักของแนวคิดนี้มีดังนี้ (๑) ลักษณะและขอบเขตของความเสียหายสามารถคาดการณ์และประเมินได้ (๒) ต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) ในการทดแทนหรือฟื้นคืนความเสียหายสามารถประมาณการได้อย่างถูกต้อง สามารถถือได้ว่าค่าใช้จ่ายดังกล่าวเป็นมูลค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม และถือว่าค่าใช้จ่ายดังกล่าวไม่สูงกว่ามูลค่าจริงทางเศรษฐกิจของสิ่งแวดล้อม และอาจมีค่าใช้จ่ายสูงในการทดแทนหรือฟื้นคืนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกว่ามูลค่าเริ่มต้น ตัวอย่างเช่น บริเวณเนินเขาอาจมีการชะล้างหน้าดินและวิธีในการลดหรือป้องกันการชะหน้าดิน เช่น การทำให้ลดหลั่นเป็นชั้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกพืช เป็นต้น มาตรการการป้องกันการชะหน้าดินแต่ละวิธีมีต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) อย่างไรก็ตาม ผู้ประเมินสามารถพิจารณาได้ว่าค่าใช้จ่ายในการป้องกันการพังทลายหน้าดินทั้งหมดสูงกว่าหรือน้อยกว่าผลประโยชน์ที่จะได้รับ บางครั้งค่าใช้จ่ายในการป้องกันการพังทลายหน้าดินอาจสูงมาก (และ/หรือผลประโยชน์ที่ได้รับกลับมาค่อนข้างต่ำ) มาตรการป้องกันการพังทลายของดินดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ก็ได้ ในบางกรณีการชดเชยความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมอาจคุ้มทุนมากกว่าการจัดหาทดแทนหรือ

การฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมที่เสียหายและทำให้ละเลยโอกาสการสับเปลี่ยนทดแทนได้ หากมีสิ่งแวดล้อมที่สามารถสับเปลี่ยนทดแทนได้ วิธีนี้อาจเป็นการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมที่เสียหายได้ค่อนข้างสูง แนวคิดในการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากต้นทุน (Cost-based approaches) สามารถจำแนกเป็น ๓ วิธีการย่อย ดังนี้

๑) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนการทดแทนและการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม (Repair and Replacement Cost)

แนวทางการประเมินมูลค่าจากต้นทุนการทดแทนสิ่งแวดล้อมมักนำมาใช้ในการประเมินมูลค่าของความเสียหายจากมลพิษ โดยประเมินค่าความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการประมาณการค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทางวิศวกรรมควบคุมมลพิษหรือค่าใช้จ่ายในการทดแทนหรือฟื้นฟูความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น มูลค่าความเสียหายจากฝนกรดต่อบริเวณพื้นที่เมือง อาจประมาณการได้จากค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูสภาพหรือจัดหาโครงสร้างพื้นฐานทดแทนที่เสียหาย ค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูพื้นที่ชุ่มน้ำหรือแม่น้ำที่ปนเปื้อนสามารถนำมาใช้เป็นมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ค่าใช้จ่ายในการดูแลสัตว์ก่อนนำไปปล่อยทดแทนสู่ธรรมชาติสามารถนำมาใช้เป็นมูลค่าความเสียหายต่อสัตว์ป่า และค่าใช้จ่ายในการจัดทำโครงการฟื้นฟูสุขภาพจิตใจในระยะยาวสามารถนำมาใช้เป็นมูลค่าความเสียหายต่อจิตใจของประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากพื้นที่ปนเปื้อน เป็นต้น โครงการฟื้นฟูและทดแทนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเหล่านี้อาจใช้ระยะเวลา ดังนั้น การประเมินมูลค่าดังกล่าวควรคำนึงระยะเวลาในการดำเนินการให้ครอบคลุมและคำนึงถึงอัตราเงินเฟ้อที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี อย่างไรก็ตาม วิธีนี้อาจครอบคลุมเพียงความเสียหายจากมลพิษบางส่วนเท่านั้น

๒) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนการย้ายถิ่นฐาน (Relocation Cost)

มีวิธีการคล้ายกับต้นทุนการจัดหาทดแทน ซึ่งแนวทางของต้นทุนการย้ายถิ่นฐานใช้การประมาณการค่าใช้จ่ายในการบังคับย้ายทรัพย์สินทางธรรมชาติหรือทางกายภาพเนื่องจากความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การสร้างบ่อน้ำกร่อยในบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย ส่งผลทำให้มีน้ำเค็มไหลลงสู่ธารน้ำจืดบริเวณใกล้เคียงที่ใช้สำหรับการชลประทานและการประปาสำหรับใช้ในครัวเรือน ซึ่งต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาน้ำกร่อยนี้ คือ การย้ายสถานีสูบน้ำดิบสำหรับการชลประทานและการประปา ซึ่งต้นทุนในการย้ายสถานีสูบน้ำสามารถเทียบได้กับต้นทุนในการออกแบบสถานีสูบน้ำดิบใหม่และต้นทุนในการสร้างคลองระบายน้ำจากบ่อน้ำกร่อยลงสู่มหาสมุทรโดยตรง เพื่อหลีกเลี่ยงการระบายน้ำลงสู่ธารน้ำจืดที่อยู่ใกล้เคียง

๓) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost)

ค่าเสียโอกาสในบางกรณีมาจากการเลือกที่จะปกป้องทรัพยากรเฉพาะและสูญเสียโอกาสในการพัฒนาด้านอื่น ๆ ต้นทุนค่าเสียโอกาส หมายถึง มูลค่าของโอกาสทางเศรษฐกิจที่สูญเสียไปเนื่องจากการ

ปกป้องสิ่งแวดล้อม เช่น ค่าเสียโอกาสจากบทบาทหน้าที่ของนกแว่นสีเทาในระบบนิเวศในการกำจัดปลวกและแมลง/การหมุนเวียนสารอาหาร/การท่องเที่ยว เป็นต้น ดังนั้น จึงเป็นการวัดต้นทุนของการรักษาสิ่งแวดล้อมในแง่ของผลประโยชน์จากการพัฒนา อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้ถือเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นการระบุต้นทุนทางเศรษฐกิจในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน ในบางโครงการอาจมีมูลค่าเล็กน้อย แต่บางโครงการอาจทำให้ต้องใช้ข้อมูลนี้ในการระดมเงินทุนเพื่อชดเชยให้กับบุคคลหรือสังคม

๒.๓.๒.๓ การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมด้านการพักผ่อนหย่อนใจ ธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ (Valuing Environmental Amenities: Recreation, Nature, and Biodiversity)

๑) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมผ่านมูลค่าอสังหาริมทรัพย์หรือค่าจ้าง (Hedonic Price Method: HPM)

เป็นการประเมินมูลค่าจากการใช้ทั้งทางตรงและทางอ้อมผ่านมูลค่าอสังหาริมทรัพย์ มักนำไปใช้กับราคาอสังหาริมทรัพย์ที่ผกผันตามสภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ เช่น การประเมินมูลค่าด้วยการวัดจากราคาบ้านที่เพิ่มขึ้นในกรณีที่สภาพแวดล้อมใกล้บ้านดีขึ้น หรือราคาบ้านที่ติดกับพื้นที่ปนเปื้อนจะมีราคาต่ำกว่าบ้านที่ห่างไกลพื้นที่ปนเปื้อน ตัวอย่างเช่น ราคาอสังหาริมทรัพย์บริเวณรอบโรงงานหมิงตี้ รัศมี ๒ กิโลเมตร เกิดการด้อยค่าลงร้อยละ ๕ เพราะประชาชนบางส่วนรู้สึกไม่มั่นคงในการอยู่อาศัย อาจต้องใช้เวลาให้ปัญหามลพิษเจือจางลง ทำให้การซื้อขายไม่คล่องตัวเหมือนก่อน นัยนี้อาจทำให้ที่อยู่อาศัยโดยรอบโรงงาน เกิดการด้อยค่าเป็นมูลค่า ๕,๑๖๖ ล้านบาท อสังหาฯ ด้อยค่าในที่นี้หมายถึงภาวะที่กำลังซื้อชะงักจนทำให้ต้องลดราคาลงมา เพื่อสร้างแรงจูงใจให้รู้สึกอยากซื้อ จะเกิดขึ้นเฉพาะมีเหตุการณ์ไม่ปกติ ระยะเวลาอสังหาฯ ด้อยค่าจะไม่นาน เมื่อตลาดกลับสู่ภาวะปกติ ราคาก็จะกลับมาตามกลไกตลาดเหมือนเดิม

๒) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนค่าเดินทาง (Travel Cost Method: TCM)

เป็นการประเมินมูลค่าจากต้นทุนที่ใช้ในการเดินทางมายังแหล่งท่องเที่ยวเมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลง โดยตั้งสมมติฐานว่ามูลค่าของสถานที่สามารถแสดงได้จากค่าใช้จ่ายที่ประชาชนยินดีที่จะจ่ายเพื่อไปเยือนสถานที่ดังกล่าว และความยินดีที่จะจ่ายสามารถคาดการณ์ได้จากจำนวนครั้งที่ประชาชนเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ และคนที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งท่องเที่ยวจะมีความถี่ในการมาท่องเที่ยวสูงกว่าคนที่อาศัยอยู่ไกล ทั้งนี้ ต้นทุนการเดินทางที่ประชาชนยินดีจ่าย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ค่าที่พัก และต้นทุนค่าเสียเวลาของนักท่องเที่ยว ซึ่งต้นทุนดังกล่าวสะท้อนถึงมูลค่าของแหล่งท่องเที่ยวที่ประชาชนให้กับแหล่งท่องเที่ยวนั้น ๆ

๓) การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมจากความพึงพอใจต่อเหตุการณ์สมมติ(Contingent Valuation Method: CVM)

เป็นวิธีการประเมินค่าจากการสัมภาษณ์ตรงโดยอาศัยหลักความพึงพอใจของบุคคลต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรงผ่านตลาดสมมติ (Hypothetical market) ในการประเมินค่าความเต็มใจที่จะจ่าย (Willingness to Pay: WTP) หรือความเต็มใจที่จะได้รับการชดเชย (Willingness to Accept: WTA) ซึ่งจะดูการตัดสินใจของคน

ที่จะยอมเลือกค่าใช้จ่ายที่สามารถลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้โดยต้องยอมลดค่าใช้จ่ายทางด้านอื่น ๆ วิธีนี้จะใช้ในการทำแบบสอบถามเท่านั้น เพราะเป็นการถามถึงความเต็มใจที่จะจ่ายของแต่ละบุคคลซึ่งแต่ละบุคคลจะมีไม่เท่ากันตามลักษณะงบประมาณและความพึงพอใจของแต่ละบุคคล เช่น ถามบุคคลว่ามีความเต็มใจจ่าย X บาท เพื่อปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้นหรือไม่ หรือถามบุคคลว่ายอมรับค่าชดเชย X บาท เพื่อที่จะไม่ให้มีการดำเนินการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือไม่ เป็นต้น และวิธีนี้สามารถใช้ประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมได้ทั้ง Use Value Non – Use Value และ Option Value นอกจากนี้ วิธี CVM ยังสามารถสอบถามประชาชนผ่านตลาดสมมติในรูปแบบของการให้เลือกตัวเลือกของค่าใช้จ่ายที่เต็มใจจ่าย (Choice Experiment: CE) ตามกลุ่ม/ระดับของบริการทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ตัวอย่างเช่น การสอบถามจากประชาชนถึงความเต็มใจจะจ่ายของทางเลือกต่างๆ ที่จะปรับปรุงคุณภาพอากาศในเมืองให้ดีขึ้นผ่านลักษณะต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงคุณภาพอากาศในแต่ละทางเลือกจะส่งผลต่อจำนวนวันที่เจ็บป่วยต่างกัน และยังส่งผลต่อทัศนวิสัยของสภาพอากาศที่แตกต่างกัน และที่สำคัญต้นทุนในการจัดการทางเลือกต่าง ๆ ก็มีความแตกต่างกัน เป็นต้น

๒.๓.๓ การประเมินโดยวิธีการถ่ายโอนผลประโยชน์ (Benefit Transfer Method)

เป็นวิธีการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยใช้มูลค่าที่ผู้อื่นประเมินไว้แล้วจากสถานที่อื่นมาปรับค่าตามความแตกต่างของสภาพแวดล้อมและสภาพเศรษฐกิจสังคม โดยวิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างกระทันหันและต้องการข้อมูลอย่างเร่งด่วนในการตัดสินใจเพื่อดำเนินมาตรการบางอย่าง ทำให้ไม่มีเวลามากพอที่จะทำการศึกษาเพื่อประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ซึ่งต้องใช้เวลาและงบประมาณสูงกว่าในการศึกษา อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีการนี้ในการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมควรใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะลักษณะของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมนั้นมีลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่ การนำมูลค่าจากพื้นที่หนึ่งมาใช้เพื่อเป็นตัวแทนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในอีกพื้นที่หนึ่งอาจให้ผลที่คลาดเคลื่อนได้

การประเมินด้วยวิธีถ่ายโอนผลประโยชน์สามารถทำได้ ๒ วิธี ได้แก่ ๑) การโอนผ่านสมการจากงานศึกษาที่ผ่านมา แล้วใช้ข้อมูลของพื้นที่ที่ต้องการประเมินแทนค่าลงในสมการ และ ๒) การโอนมูลค่าของงานศึกษาที่ผ่านมา ด้วยการปรับค่าความแตกต่างของสภาพแวดล้อมและสภาพเศรษฐกิจสังคมระหว่างพื้นที่ที่ทำการศึกษาไว้แล้ว และพื้นที่ที่ต้องการประเมิน ตัวอย่างเช่น ในการประเมินมูลค่าความเสียหายของป่าไม้ในพื้นที่ ก ผู้ประเมินอาจนำมูลค่าความเสียหายที่ได้มีการศึกษาไว้แล้วในพื้นที่ ข มาทำการปรับค่าเพื่อนำมาใช้เป็นมูลค่าของป่าไม้ในพื้นที่ ก แทน โดยนำปัจจัยต่างๆ เช่น ความแตกต่างของระดับรายได้ของคนในพื้นที่ ขนาดของพื้นที่ป่าที่แตกต่างกัน หรือจำนวนประชาชนที่ได้รับผลกระทบที่ต่างกัน เป็นต้น มาประกอบการพิจารณา

ขั้นตอนการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีถ่ายโอนมูลค่า มีดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑ บ่งชี้คุณลักษณะของสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบ โดยพิจารณาลักษณะของสิ่งแวดล้อมและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมิน ตัวอย่างคุณลักษณะของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สถานที่ ประเภทของผลผลิตและบริการจากสิ่งแวดล้อม ความพร้อมของสินค้าทดแทน กลุ่มผู้ที่ได้รับผลกระทบทั้งผู้ใช้และไม่ใช้

ประโยชน์ แจกแจงระดับความรุนแรงของผลกระทบ ทิศทางและช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพสิ่งแวดล้อม และบ่งชี้ระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมเริ่มต้นก่อนเกิดการปนเปื้อนมลพิษ

ขั้นตอนที่ ๒ ค้นหาและรวบรวมข้อมูลการศึกษาผลกระทบและการประเมินมูลค่าความเสียหายที่เกี่ยวข้อง โดยใช้คำค้นหาที่เกี่ยวข้อง เช่น ประเทศหรือภูมิภาค ประเภทของสินทรัพย์สิ่งแวดล้อม เทคนิคการประเมิน ปีที่ดำเนินการศึกษา เป็นต้น

ขั้นตอนที่ ๓ คัดกรองข้อมูลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง พิจารณาความสอดคล้องของบริบทข้อมูลการศึกษาต้นฉบับกับบริบทสิ่งแวดล้อมที่ต้องการศึกษา หน่วยของมูลค่าในการประเมินถูกต้องหรือไม่ ต้องมีการปรับเป็นหน่วยที่เหมาะสมหรือไม่ คุณภาพของงานวิจัยต้นฉบับเป็นอย่างไร กุญแจสำคัญในการเพิ่มความสมบูรณ์แบบทางวิทยาศาสตร์ด้านวิธีการและสมมติฐาน ความเกี่ยวข้อง (ความคล้ายคลึงกันในบริบท) และความสมบูรณ์ของรายละเอียด (คำอธิบายข้อมูลและข้อมูลที่รวบรวม) หากไม่มีข้อมูลอุปสงค์ต่อรายได้ไม่สมบูรณ์อาจใช้ปัจจัยความแปรปรวนระหว่าง ๐.๕ – ๒ หรือหากไม่มีข้อมูลอาจใช้ปัจจัยความแปรปรวนเป็น ๑

ขั้นตอนที่ ๔ รวบรวมมูลค่าจำแนกตามสินค้าและบริการ ประชากรที่ได้รับผลกระทบ และระยะเวลาของผลกระทบ การรวบรวมมูลค่านี้จะช่วยให้ผู้ประเมินสามารถประเมินมูลค่าในกรณีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สนใจได้

การประเมินมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากเหตุอุบัติภัยจากสารเคมีหรือพื้นที่ปนเปื้อนที่เกิดจากการผลิต การครอบครอง การขนส่งสารเคมี และการกำจัดสารเคมีอย่างไม่ถูกหลักวิชาการ ในเบื้องต้นอาจมุ่งเน้นไปที่การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมโดยใช้ราคากลางหรือราคาตลาด (Market-based) สำหรับการบำบัดฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพเดิม การอพยพย้ายถิ่นฐาน การจัดหาแหล่งทดแทนสิ่งแวดล้อมที่เสียหาย ราคาต้นทุนจากการเจ็บป่วย ราคาผลผลิต (ที่ควรจะได้) ราคาทดแทนสินค้าหรือบริการที่สูญเสียไปเมื่อสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยการผลิตอย่างหนึ่ง (Environment as a Factor input) นอกจากนี้ ยังสามารถนำแนวทางการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมจากแห่งหนึ่งไปใช้อีกแห่งได้เมื่อมีลักษณะของสิ่งแวดล้อมคล้ายคลึงกัน (Benefit Transfer Method) มาใช้ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการศึกษาด้วยวิธีสังเกตความพึงพอใจที่เปิดเผย (Revealed preference techniques) และวิธีการการวัดความพึงพอใจโดยตรง (Stated preference approaches) ซึ่งเป็นวิธีที่ต้องใช้ระยะเวลาและงบประมาณในการศึกษา

DRAFT

บทที่ ๓
ขั้นตอนการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

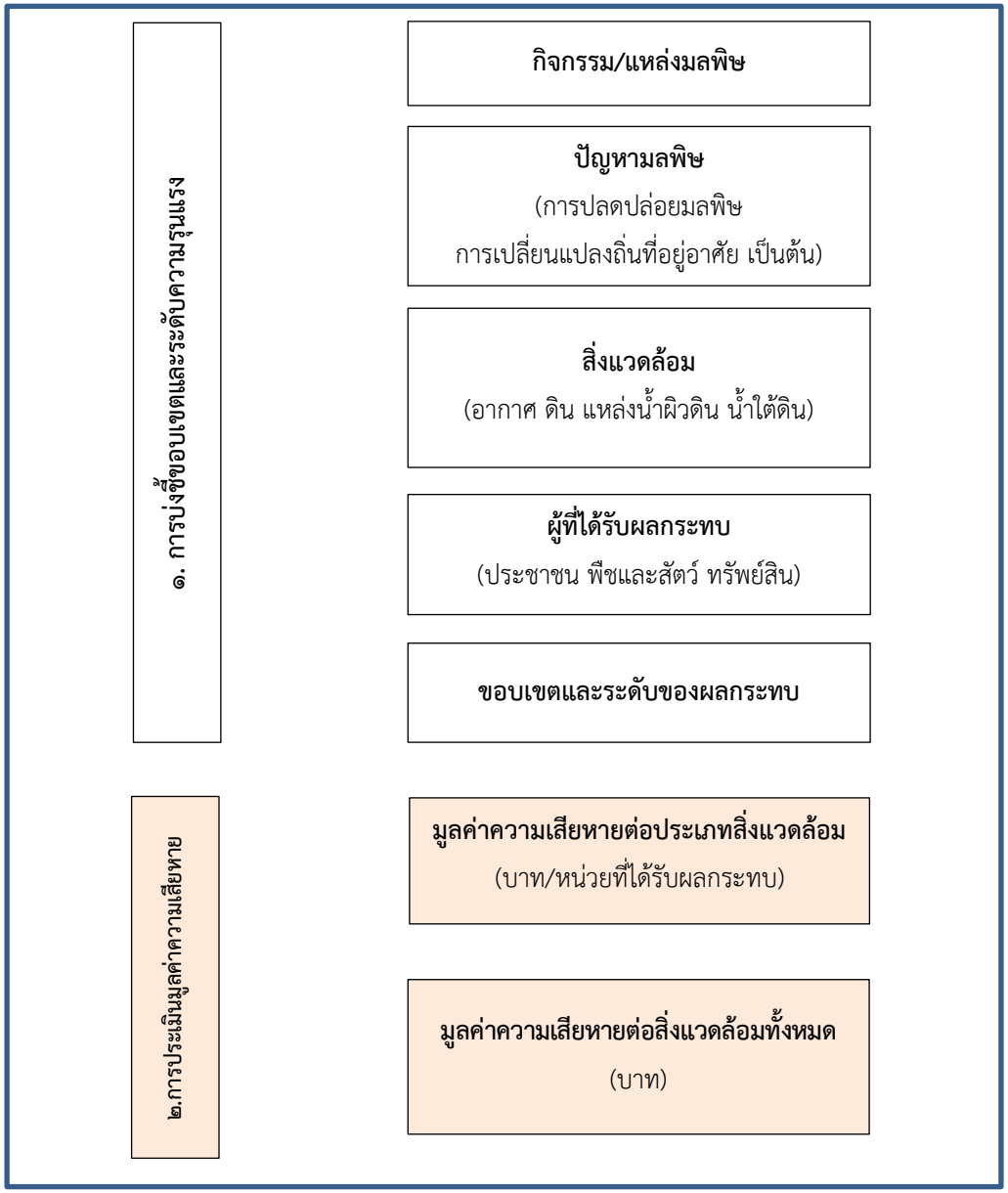
การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวข้องกับ ๒ ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ๑) การบ่งชี้ลักษณะ ขอบเขตและระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือการประเมินการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่มุ่งความสนใจไปที่ผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในบริเวณป่าชายเลนส่งผลให้มีการลดประชากรนกน้ำและเกิดภาวะน้ำเสีย เป็นต้น โดยขั้นตอนนี้ควรสามารถบ่งชี้ได้เกิดผลกระทบในสิ่งแวดล้อมประเภทใด ผลกระทบอย่างไร และเกิดผลกระทบเป็นพื้นที่และในระดับความรุนแรงเท่าไหร่ เช่น มลพิษทางอากาศและน้ำในหน่วยส่วนในล้านส่วน (ppm) ปริมาณดินปนเปื้อนหน่วยเป็นตัน พื้นที่ที่พบการปนเปื้อนเป็นไร่หรือตารางกิโลเมตร เป็นต้น ๒) การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในรูปของตัวเงิน หรือการกำหนดค่าของสิ่งแวดล้อมที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งในระยะหลังมีการพัฒนาศาสตร์หรือเทคนิคในการประเมินมูลค่าดังกล่าวให้สามารถดำเนินการประเมินได้ ดังแสดงใน**รูปที่ ๓ – ๑**

ขั้นตอนที่ ๑ การบ่งชี้ขอบเขตและระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนมลพิษที่มีต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อทราบขอบเขตของความเสียหาย ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลการประกอบกิจกรรมหรือการประกอบการที่ก่อให้เกิดมลพิษ และการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องเพื่อบ่งชี้มลพิษหรือสารอันตรายที่เป็นปัญหา ผู้ที่อาจได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมปนเปื้อน อาทิ ประชาชนทั่วไป ประชาชนกลุ่มวัยทำงาน และระบบนิเวศที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง ขอบเขตพื้นที่และระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนมลพิษ

การรวบรวบข้อมูลการประกอบ**กิจกรรม**โครงการ/กิจกรรม/พื้นที่หรือการประกอบการหรือมีการครอบครองวัสดุสิ่งของที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือชีวะในสิ่งแวดล้อม เช่น การปลดปล่อยมลพิษ หรือการเปลี่ยนแปลงถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ เป็นต้น และก่อให้เกิด**ปัญหามลพิษ**ในสิ่งแวดล้อม ถือเป็น**แหล่งมลพิษ**ที่อาจส่งผลกระทบต่อ**ผู้ที่ได้รับผลกระทบ** อาทิ ประชาชน สัตว์ พืช ทรัพย์สิน และระบบนิเวศ ใน**สิ่งแวดล้อม**ประเภทต่าง ๆ อาทิ อากาศ ดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกตัวอย่างเช่น อากาศเสียที่ระบายจากปล่องจะเคลื่อนตัวผ่านอากาศ และ/หรือเปลี่ยนรูปด้วยกระบวนการทางเคมีก่อนจะตกลงสู่พื้นดินในระยะทางท้ายลมส่งผลให้ประชาชนที่อยู่ท้ายลมเกิดปัญหาต่อระบบทางเดินหายใจจากมลพิษชนิดสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น โดยชนิดของมลพิษ บริเวณและระยะเวลาของการรับสัมผัสมลพิษประเภทต่าง ๆ จะเป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ชีวะ หรือกายภาพของผู้ที่ได้รับผลกระทบ

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมสามารถบ่งชี้**ขอบเขต**การปนเปื้อนมลพิษในแนวระนาบและแนวดิ่ง และความเข้มข้นของมลพิษในสิ่งแวดล้อมสามารถบ่งชี้**ระดับความรุนแรงของผลกระทบ** โดยการบ่งชี้ปริมาณการรับสัมผัสสารที่ผู้ที่อาจได้รับผลกระทบจะได้รับสัมผัสจากความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ และข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารและผลกระทบต่อสุขภาพหรือระบบนิเวศจะสามารถนำไปสู่การ

คาดการณ์หรืออนุมานความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือระบบนิเวศ (response) ของประชากรกลุ่มที่รับสัมผัสสาร เช่น ความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น เป็นต้น



รูปที่ ๓ – ๑ แสดงขั้นตอนการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ทั้งนี้ **ขอบเขตและระดับของผลกระทบ**ซึ่งวัดได้จากปริมาณการรับสัมผัสสาร (exposure) หรือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารและผลกระทบต่อสุขภาพหรือระบบนิเวศ (response) เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการประเมินพื้นที่อย่างละเอียดเพื่อตัดสินใจฟื้นฟู (Site Characterization/Remedial Investigation – Feasibility Study) ของกระบวนการประเมินพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษ (Site Assessment Process) ซึ่งเริ่มจากขั้นตอนการค้นพบพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษ การประเมินพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษเบื้องต้น (PA) การตรวจสอบพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษ (SI) และการประเมินพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษอย่างละเอียดเพื่อการตัดสินใจฟื้นฟู กระบวนการประเมินพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษมีการอธิบายในรายละเอียดในคู่มือฉบับอื่น ๆ อาทิ คู่มือแนวทางการจัดการพื้นที่ปนเปื้อนสารอันตราย (คพ. 04-135) คู่มือการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของมลพิษในดินหรือน้ำใต้ดิน (คพ.08-044) คู่มือแนวปฏิบัติการประเมินพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษ พ.ศ. ๒๕๖๖ ทั้งนี้ การประเมินพื้นที่ปนเปื้อนมลพิษเบื้องต้นอาจบ่งชี้ขอบเขตและระดับความรุนแรงของผลกระทบได้ในเบื้องต้น ซึ่งสามารถนำไปสู่การระงับหรือขจัดการปนเปื้อนอย่างเร่งด่วนได้

ขั้นตอนที่ ๒ การประเมินมูลค่าความเสียหายจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เริ่มต้นจากการบ่งชี้ผลิตผล/สินค้าหรือการให้บริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมประเภทต่าง ๆ ซึ่งหมายรวมถึงหน้าที่ในการเป็นปัจจัยการผลิตหรือการให้บริการ หน้าที่ในการเป็นถิ่นที่อยู่อาศัย หน้าที่ในการปกปักรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หน้าที่ในด้านสังคมและวัฒนธรรม เป็นต้น องค์กรเศรษฐศาสตร์ความหลากหลายทางชีวภาพ (The Economics of Economics and Biodiversity: TEEB) จำแนกมูลค่าทางเศรษฐกิจของระบบนิเวศผ่านหน้าที่การให้บริการออกเป็น ๔ ด้าน ดังนี้

- **บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต (Provisioning services)** ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากระบบนิเวศในรูปของวัตถุและพลังงาน อาทิ อาหาร เส้นใย เชื้อเพลิง แหล่งพันธุกรรม สารเคมีจากธรรมชาติ ยารักษาโรค น้ำสะอาด

- **บริการด้านการควบคุม (Regulating services)** ประโยชน์ที่ได้รับจากการควบคุมกระบวนการของระบบนิเวศตามธรรมชาติ อาทิ การควบคุมระบบภูมิอากาศ การควบคุมคุณภาพของอากาศและดิน การควบคุมการไหลของน้ำ การควบคุมการกัดเซาะชายฝั่ง การกรองน้ำสะอาดและการบำบัดของเสีย การควบคุมทางชีวภาพ การผสมเกสร การป้องกันพายุ

- **บริการด้านการสนับสนุนหรือเป็นถิ่นที่อยู่อาศัย** (Habitat or supporting services) บริการที่จำเป็นเพื่อสนับสนุนการผลิตบริการของระบบนิเวศด้านอื่นๆ ทั้งหมด อาทิ การผลิตขั้นต้น การผลิตออกซิเจนในบรรยากาศ การเกิดโครงสร้างดิน การหมุนเวียนสารอาหาร การหมุนเวียนของน้ำ และการเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตเพื่อก่อให้เกิดความหลากหลายของพันธุกรรม รวมทั้งการสนับสนุนการดำรงอยู่ของมนุษย์อย่างปลอดภัย โดยผลกระทบต่อมนุษย์มักเกิดทางอ้อมและเป็นระยะเวลายาวนาน การให้บริการบางอย่างอาจถือว่าเป็นทั้งด้านการควบคุมและด้านการสนับสนุน ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและผลกระทบต่อประชาชนเป็นแบบเฉียบพลันหรือระยะยาว

- **บริการด้านวัฒนธรรม (**Cultural services) ประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศผ่านการเสริมสร้างจิตวิญญาณ การพัฒนาด้านสติปัญญา นันทนาการ และประสบการณ์ด้านสุนทรียภาพ อาทิ ความหลากหลายทางวัฒนธรรม คุณค่าทางจิตวิญญาณและศาสนา รากฐานของการศึกษา คุณค่าทางความงาม การพักผ่อนและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ

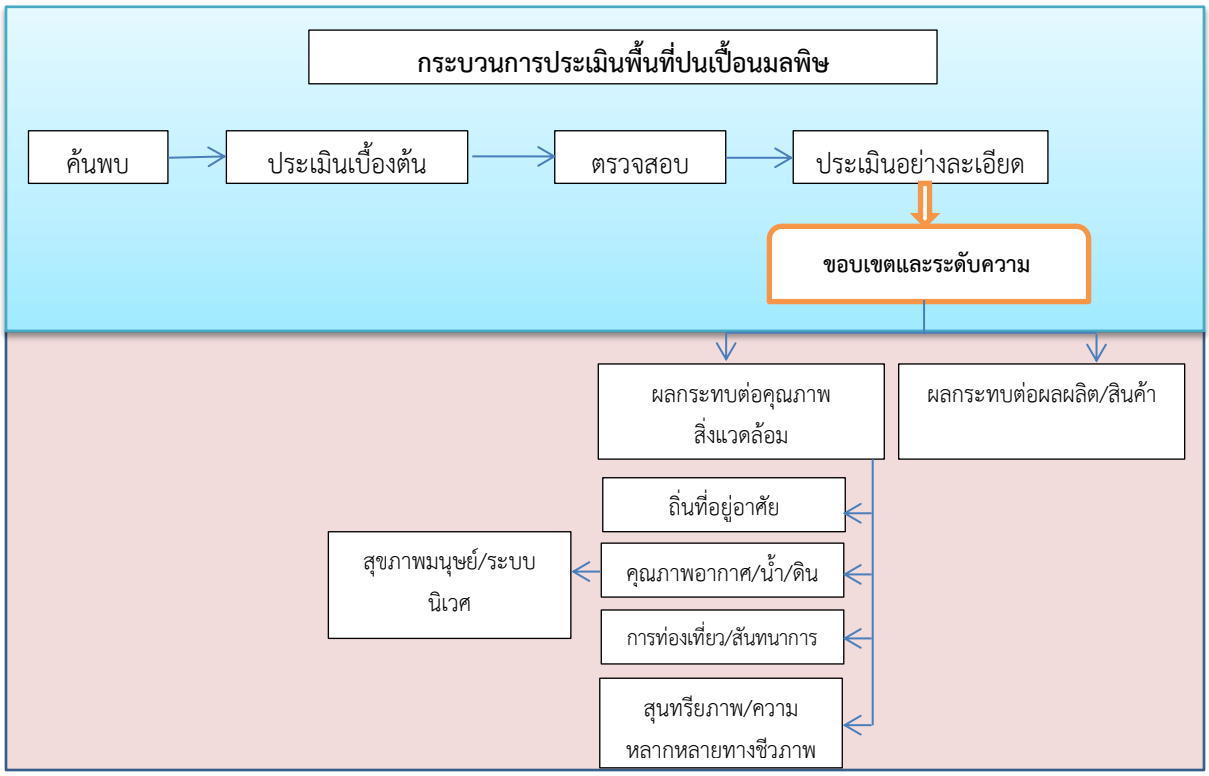
ตัวอย่างสินค้าและบริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจำแนกตามระบบ TEEB โดยอาจจัดกลุ่มตามลักษณะของ ๑) ผลกระทบที่เป็นผลผลิต/สินค้าที่นับได้และ ๒) ผลกระทบที่เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับหน้าที่การให้บริการของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางด้านการควบคุม ด้านการสนับสนุนหรือเป็นถิ่นที่อยู่อาศัย และด้านวัฒนธรรม แสดงดังตารางที่ ๓ – ๑

ตารางที่ ๓ – ๑ แสดงสินค้าและบริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจำแนกตามระบบ TEEB

ประเภทของสินค้าและบริการ	สินค้าและบริการของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๑) ผลกระทบที่เป็นผลผลิต/สินค้าที่นับได้	
บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต	อาหาร อาทิ ปลา ผลไม้ สัตว์ที่ล่าได้
	น้ำ อาทิ เพื่อดื่ม เพื่อชลประทาน เพื่อความชุ่มชื้น
	วัตถุดิบ อาทิ เส้นใย เนื้อไม้ ฟืน อาหารสัตว์ ปุ๋ย
	แหล่งพันธุกรรม อาทิ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชและการแพทย์
	แหล่งยา อาทิ ผลิตภัณฑ์ทางชีวเคมี สัตว์ทดลอง
	แหล่งของตกแต่ง อาทิ งานฝีมือตกแต่ง พืชตกแต่ง สัตว์เลี้ยง สินค้าแฟชั่น
๒) ผลกระทบที่เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อม	
๒.๑) บริการด้านการควบคุม	การควบคุมคุณภาพอากาศ อาทิ ดักจับฝุ่น ดักจับฝุ่น
	การควบคุมสภาพภูมิอากาศ อาทิ การกักเก็บคาร์บอน อิทธิพลของพืชพรรณต่อปริมาณน้ำฝน
	การบรรเทาความรุนแรงของเหตุฉุกเฉิน อาทิ การปกป้องยามเกิดพายุ การป้องกันน้ำท่วมฉับพลัน
	การควบคุมการไหลของน้ำ อาทิ การระบายน้ำตามธรรมชาติ การชลประทาน การป้องกันภัยแล้ง
	การบำบัดของเสีย อาทิ การชำระน้ำเสียให้ดีขึ้น
	การป้องกันการพังทลายของหน้าดิน
	การผดุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน
	การผสมเกสร
	การควบคุมทางชีวภาพ อาทิ การกระจายเมล็ด การควบคุมโรคและแมลง
๒.๒) บริการด้านการสนับสนุนหรือเป็นถิ่นที่อยู่อาศัย	การผดุงวงจรชีวิตของสายพันธุ์ที่ย้ายถิ่น รวมทั้ง การอนุบาลสัตว์
	การผดุงความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยเฉพาะการปกป้องแหล่งพันธุกรรมร่วมกัน
	การผดุงคุณภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์ไม่ให้เกิดการเจ็บป่วยเสียชีวิต

ประเภทของสินค้าและบริการ	สินค้าและบริการของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
๒.๓ บริการด้านวัฒนธรรม	สุนทรียภาพ ความงาม
	โอกาสด้านการพักผ่อนหย่อนใจและการท่องเที่ยว
	แรงบันดาลใจด้านวัฒนธรรม ศิลปะ และการออกแบบ
	ประสบการณ์ทางด้านจิตวิญญาณ
	ข้อมูลเพื่อการพัฒนาความรู้ความเข้าใจ
ที่มา: ปรับปรุงจาก MA (2005), Pascual et al. (2010)	

เมื่อบ่งชี้ขอบเขตและระดับความรุนแรงของผลกระทบและแจกแจงลักษณะของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบของผลผลิตและการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท เทคนิควิธีการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสถานการณ์สามารถพิจารณาเลือกได้ตามแผนผังทางเลือกเทคนิคการประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อมตามรูปที่ ๓ – ๒ และรูปที่ ๒ – ๑



รูปที่ ๓ – ๒ แสดงกระบวนการประเมินพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อบ่งชี้ขอบเขต ระดับความรุนแรง และลักษณะของผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

บทที่ ๔
แนวคิดและวิธีการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การประเมินและคำนวณค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจะขึ้นอยู่กับลักษณะของผลกระทบหรือปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมและอุบัติภัยสารเคมีซึ่งมักมีลักษณะจำเพาะในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นในหลาย ๆ กรณีอาจจำเป็นต้องใช้หลายเทคนิควิธีการร่วมกันในการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดความเสียหายอย่างครบถ้วน นอกจากนี้ ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะในเชิงบวก เชิงลบ ดีขึ้น หรือเลวลง มักจะเป็นเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หรือภายหลังจากกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษหรืออุบัติภัยสารเคมีมีการหยุดดำเนินการเป็นระยะเวลานาน และผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้กว้างไกลกว่าขอบเขตพื้นที่เกิดเหตุหรือพื้นที่ดำเนินกิจกรรม โครงการ หรือสถานประกอบการที่ก่อให้เกิด ผลกระทบหรือปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมและอุบัติภัยสารเคมี ดังนั้น การประเมินผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมควรคำนึงถึงระยะเวลาและขอบเขตที่อาจพบในอนาคตด้วย

๔.๑ แนวคิดในการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีหน้าที่ในการผลิตสินค้าและบริการหลากหลาย และแต่ละประเภทของสิ่งแวดล้อม อาทิ ดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน มีคุณประโยชน์มากกว่าหนึ่งอย่าง เช่น ทรัพยากรน้ำสามารถนำไปใช้ประโยชน์แก่ทั้งภาคชุมชน ภาคอุตสาหกรรม การชลประทาน และอื่น ๆ เป็นต้น การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจึงควรพิจารณาบทบาทหน้าที่การให้บริการทั้งในรูปแบบที่นับได้และนับไม่ได้ให้ครอบคลุมทั้ง ๔ ด้าน ได้แก่ ด้านการผลิต ด้านการควบคุม ด้านการสนับสนุน และด้านวัฒนธรรม และผู้ประเมินต้องระลึกว่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เสียหายอาจใช้ระยะเวลายาวนานในการฟื้นฟูให้กลับคืนได้ดังเดิม มูลค่าความเสียหายจึงควรครอบคลุมระยะเวลาดังกล่าว ทั้งนี้ แนวคิดในการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท ดังตารางที่ ๔ – ๑

ตารางที่ ๔ – ๑ แสดงแนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหาย
๑. ทรัพยากรดิน	๑.๑ ดินปนเปื้อนจากกองกากของเสียและน้ำชะขยะ	๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย ๒) ค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและกำจัดกากของเสียและดินปนเปื้อน

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหาย
		๓) ค่าใช้จ่ายในการหาดินมาเติมทดแทน ๔) ค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียและฟื้นฟูดินปนเปื้อนในพื้นที่ ๕) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัด/กำจัด ๖) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมระหว่างการบำบัดฟื้นฟู
	๑.๒ พืชผักทางการเกษตร พืชเศรษฐกิจและพืชผักสวนครัวได้รับความเสียหายจากดินปนเปื้อนสารมลพิษ ทำให้ไม่สามารถบริโภค หรือจำหน่ายได้จึงเกิดการสูญเสียรายได้	๑) ค่าชดเชยหรือค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ ๒) ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งเพาะปลูกใหม่ ๓) ค่าใช้จ่ายในการปลูกพืชทดแทน
	๑.๓ การอพยพย้ายถิ่นฐานมนุษย์/สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศเนื่องจากการปนเปื้อนทรัพยากรดิน	๑) ค่าชดเชย ค่าเวนคืน ๒) ค่าเช่าที่อยู่อาศัยระหว่างการโยกย้ายถิ่นฐานค่าซื้อที่ดิน ๓) ค่ารื้อถอนขนย้าย ๔) ค่าปรับปรุงสถานที่ให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในถิ่นฐานแห่งใหม่
	๑.๔ การปนเปื้อนในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมส่งผลให้มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ตกต่ำลง	๑) ค่าชดเชยในส่วนที่มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ลดลง
	๑.๕ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนในดิน เกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย	๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค การรักษาพยาบาล (ตัวเลขจริงหรือประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพกับต้นทุนค่ารักษาพยาบาล) และค่าดูแลระหว่างพักฟื้น ๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ ๓) ค่าเสียโอกาสจากการที่ไม่ได้ทำงาน หรือต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงเนื่องจากการเจ็บป่วย

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหาย
๒. ทรัพยากรน้ำใต้ดิน	๒.๑ การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน เช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การปนเปื้อนภาคเกษตรกรรม หลุมฝังกลบขยะ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และระบบนิเวศ เป็นต้น	๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย ๒) ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างเขื่อนกั้นไม่ให้รั่วไหลปนเปื้อนที่อื่น ๓) ค่าใช้จ่ายในการดึงน้ำใต้ดินขึ้นมาบำบัดและการเติมกลับคืน ๔) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดฟื้นฟู ๕) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้ง ณ จุด/แหล่งระบายน้ำทิ้ง ๖) ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างระบบรวบรวมน้ำชะจากกองกากของเสียที่ลักลอบทิ้งและค่าบำบัด ๗) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมระหว่างการบำบัดฟื้นฟู
	๒.๒ ไม่สามารถนำน้ำดิบมาใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภค บริโภคได้	๑) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนเพื่อผลิตน้ำประปา ๒) ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำดิบทดแทน ๓) ค่าจัดซื้อน้ำทดแทนชั่วคราวสำหรับการอุปโภค บริโภค และการผลิตในภาคอุตสาหกรรม
	๒.๓ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินเกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย	๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค การรักษา พยาบาล (ตัวเลขจริง หรือ ประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพกับต้นทุนค่ารักษาพยาบาล) และค่าดูแลระหว่างพักฟื้น ๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ (กรณีเกิดจากสารก่อมะเร็ง) ๓) ค่าเสียโอกาสจากการที่ไม่ได้ทำงาน หรือต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงเนื่องจากการเจ็บป่วย

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหาย
๓.ทรัพยากรน้ำผิวดิน	๓.๑ การไม่สามารถนำน้ำดิบมาใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภคได้	๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย ๒) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปิดประตูระบายน้ำ ๓) ค่าบำบัดฟื้นฟูแหล่งน้ำ ๔) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำผิวดินที่ปนเปื้อนเพื่อผลิตประปา (ต้นทุนสูงขึ้น) ๕) ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำดิบทดแทน ๖) ค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีสูบน้ำดิบ ๗) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมระหว่างการบำบัดฟื้นฟู ๘) ค่าจัดซื้อน้ำทดแทนชั่วคราวสำหรับการอุปโภคบริโภค และการผลิตในภาคอุตสาหกรรม
	๓.๒ ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสูญเสียรายได้จากสัตว์น้ำในกะชังตายเนื่องจากการปนเปื้อนในน้ำผิวดิน	๑) ค่าชดเชยตามราคาสัตว์น้ำที่ตาย ๒) ค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ตลอดระยะเวลาที่แหล่งน้ำผิวดินมีการปนเปื้อน
	๓.๓ การปนเปื้อนในน้ำผิวดินส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำและระบบนิเวศ	๑) ค่าพันธุ์ปลาหรือสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ต้องปล่อยทดแทน ๒) ค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้จากการจับสัตว์น้ำ ๓) ค่าจัดซื้ออาหารทดแทนการบริโภคสัตว์น้ำชั่วคราว
	๓.๔ แหล่งน้ำผิวดินยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติซึ่งเมื่อเกิดการปนเปื้อนจะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว	๑) ค่าชดเชยหรือค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้จากการท่องเที่ยว
	๓.๕ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนในน้ำผิวดินเกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย	๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค การรักษาพยาบาล (ตัวเลขจริง หรือ ประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพกับต้นทุนค่ารักษาพยาบาล) และค่าดูแลระหว่างพักฟื้น ๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ (กรณีเกิดจากสารก่อมะเร็ง) ๓) ค่าเสียโอกาสจากการที่ไม่ได้ทำงาน หรือต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงเนื่องจากการเจ็บป่วย

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหาย
๔. คุณภาพอากาศและเสียง	๔.๑ คุณภาพอากาศและเสียงเสื่อมโทรม	๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย ๒) การป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์/สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ได้แก่ (๑) ค่า ใช้จ่ายในการติดตั้งระบบกรองอากาศ (๒) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง และ (๓) ค่าติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศที่โรงงาน/สถานประกอบการ/บริเวณที่ได้รับผลกระทบ ๓) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมระหว่างการบำบัดฟื้นฟู
	๔.๒ ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากมลพิษทางอากาศและเสียงทำให้เกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย	๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค การรักษาพยาบาล (ตัวเลขจริงหรือประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพกับต้นทุนค่ารักษาพยาบาล) และค่าดูแลระหว่างพักฟื้น ๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ ๓) ค่าเสียโอกาสจากการที่ไม่ได้ทำงาน หรือต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงเนื่องจากการเจ็บป่วย
	๔.๓ มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ลดลงและส่งผลให้เกิดการย้ายที่พักอาศัยเนื่องจากคุณภาพอากาศแย่ลงจนไม่สามารถอยู่อาศัยได้	๑) ค่าชดเชยในส่วนที่มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ลดลง ๒) ค่าชดเชย/ค่าเวนคืน (ตลาดทดแทน) ๓) ค่าย้ายที่พักอาศัยชั่วคราว

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	แนวคิดในการประเมินมูลค่าความเสียหาย
๕. ทรัพยากรป่าไม้	องค์ประกอบ ๒ ส่วนของระบบนิเวศป่าไม้ (๑) โครงสร้าง (structure) และ (๒) บริการ (Services) ที่ป่าไม้เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ประชาชน ประกอบด้วย ๕ ส่วน (๒.๑) การให้ผลผลิตที่เป็นเนื้อไม้หรืออาหารจากพืชป่าและสัตว์ป่า (๒.๒) การควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำให้กับลำธารในพื้นที่ที่อยู่ท้ายน้ำลงไป (๒.๓) การบรรเทาความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ การดูดซับและการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (๒.๔) การเป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และ (๒.๕) การเป็นสถานที่พักผ่อน	การแทนค่ามูลค่า (Cost Replacement Method) ของผลกระทบจากการทำลายป่าไม้ในประเภทต่าง ๆ ดังนี้ (๑) การสูญเสียผลผลิตในรูปเนื้อไม้ที่ใช้ประโยชน์ (๒) การสูญเสียดินอันเนื่องมาจากการกัดชะพังทลาย (๓) การสูญเสียธาตุไนโตรเจน (๔) การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส (๕) การสูญเสียธาตุโพแทสเซียม (๖) การสูญเสียระบบควบคุมการดูดซับระบายน้ำ (๗) อากาศที่ร้อนขึ้น (๘) การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนดิน แหล่งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน อากาศ และป่าไม้	ผลกระทบอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวถึงข้างต้น อาทิ ผลกระทบต่อ - ถิ่นที่อยู่อาศัยของสรรพสัตว์ - การท่องเที่ยว - สุนทรียภาพ - ความหลากหลายทางชีวภาพ - วัฒนธรรม - ทรัพย์สินทางประวัติศาสตร์	๑) วิธี Contingent Value Method ๒) วิธีต้นทุนการเดินทาง (Travel Cost Method) ๓) วิธีการโอนย้ายมูลค่า (Benefit Transfer: BT)

๔.๒ วิธีการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

๔.๒.๑ ทรัพยากรดิน

๑) ดินปนเปื้อนจากกองกากของเสียและน้ำชะขยะ

๑.๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการประเมินขอบเขตและขนาดหรือระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนหรือความเสียหายต่อทรัพยากรดิน ซึ่งสามารถประมาณการได้จากค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์กากของเสีย/ดินปนเปื้อน ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) X จำนวนคน (คน) X จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป – กลับ (บาท/คน) X จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป–กลับ))
ค่าวิเคราะห์กากของเสีย/น้ำชะขยะ/ดินปนเปื้อน/ไอระเหยในดิน	= ค่าวิเคราะห์กากของเสียและดินปนเปื้อนและไอระเหยในดิน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตย.)
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง)
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่างดิน/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว)
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๒) ค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและนำกากของเสียและดินปนเปื้อนไปบำบัดกำจัดนอกพื้นที่

เป็นการประมาณการราคาค่าขนส่งและค่าบำบัดกำจัดในการขนย้ายกากของเสียและดินปนเปื้อนไปดำเนินการนอกพื้นที่ โดยประมาณการจากสถานที่ที่เกิดปัญหามลพิษหรืออุบัติภัยจนถึงสถานประกอบการรับบำบัดกำจัด ซึ่งต้องพิจารณาถึงปริมาณกากของเสียฯ และคุณสมบัติของกากของเสียและความเป็นอันตราย เพื่อประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์และยานพาหนะ เช่น ชนิดภาชนะบรรจุ ชนิดของยานพาหนะ เป็นต้น จำนวนยานพาหนะที่ใช้ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง เชื้อเพลิงของยานพาหนะขนส่งตามระยะทางต่อ ๑ เที่ยวการขนส่ง ค่าแรงพนักงานต่อยานพาหนะ ๑ คัน ต่อ ๑ เที่ยวการขนส่ง ค่าเสื่อมอุปกรณ์และยานพาหนะต่อยานพาหนะ ๑ คัน ต่อ ๑ เที่ยวการขนส่ง (ภาชนะบรรจุทั้งแบบเดี่ยวและติดตั้งไว้กับยานพาหนะ) รวมถึงค่าวิเคราะห์ตัวอย่างของเสียฯ เพื่อประเมินวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการกำจัดเพื่อคัดเลือกโรงงานหรือสถานประกอบการบำบัดกำจัดที่เหมาะสมและอยู่ในระยะทางขนส่งที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยง และการประมาณการราคาค่าบำบัดกำจัดของเสียฯ ตามปริมาณและ

ความยุ่งยากของวิธีการบำบัดกำจัดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติและความเป็นอันตรายของกากของเสียฯ ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็น และค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังสมการ

ค่าวิเคราะห์กากของเสีย/ดินปนเปื้อน	= ค่าวิเคราะห์ดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตย.)
ค่าขนย้ายดินปนเปื้อน	= ค่าขนส่งดินปนเปื้อน/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว)
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าบำบัดกำจัดกากของเสีย/ดินปนเปื้อน	= ค่าบำบัดกำจัดกากของเสีย/ดินปนเปื้อน (บาทต่อกก. หรือ ตัน) X ปริมาณกากของเสีย/ดินปนเปื้อน (กก. หรือ ตัน)

๑.๓) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดกำจัดกากของเสียและฟื้นฟูดินปนเปื้อนในพื้นที่

เป็นการประมาณการราคาค่าดำเนินการบำบัดกำจัดกากของเสียและดินปนเปื้อนในพื้นที่ ณ บริเวณสถานที่ที่เกิดปัญหามลพิษหรืออุบัติภัย ซึ่งต้องพิจารณาถึงปริมาณกากของเสียฯ และคุณสมบัติของกากของเสียและความเป็นอันตราย เพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการกำจัด โดยที่ราคาค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างกากของเสีย ขึ้นกับพารามิเตอร์หรือมลพิษที่ตรวจวิเคราะห์ ค่าบำบัดกำจัดของเสียฯ ตามปริมาณและความยุ่งยากของวิธีการบำบัดกำจัด และการประมาณการค่าใช้จ่ายจากค่าออกแบบระบบ (Design Cost) ค่าก่อสร้างและค่าลงทุนจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือระบบบำบัดกำจัด (Construction and Capital Cost) ค่าเดินและบำรุงรักษาระบบ (Operation and Maintenance Cost) และค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังสมการ

ค่าวิเคราะห์กากของเสีย/ดินปนเปื้อน/ไอระเหยในดิน	= ค่าวิเคราะห์กากของเสียและดินปนเปื้อนและไอระเหยในดิน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตย.)
ค่าบำบัดกำจัดกากของเสีย/ดินปนเปื้อน/ไอระเหยในดิน	= ค่าใช่จ่ายในการออกแบบ (บาท) + ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง/จัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือและทดลองเดินระบบ (บาท) + [ค่าใช้จ่ายในการเดินและการบำรุงรักษาระบบต่อปี (บาท) x จำนวนปี]
ค่าแรงพนักงานในการออกแบบ/การก่อสร้าง/ติดตั้ง/ทดลอง/เดินและบำรุงรักษาระบบ	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

หมายเหตุ *๑. เทคนิคในการฟื้นฟูดินปนเปื้อนมีทั้งกระบวนการทางกายภาพ ทางเคมี และชีวภาพ และอาจจำแนกเป็นวิธีการลดความเข้มข้นในดิน การลดชีวปริมาณออกฤทธิ์ (bioavailability) โดยไม่ลดความเข้มข้น การห่อหุ้มดินปนเปื้อนด้วยวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น การกักกันบริเวณที่ปนเปื้อน และการนำออกไปกำจัดนอกพื้นที่ แนวทางการจัดการดินปนเปื้อนจึงควรพิจารณาเป็นแบบเฉพาะพื้นที่เนื่องจากลักษณะพื้นที่และการปนเปื้อนของแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน โดยต้องผ่านกระบวนการแจกแจงขอบเขตและปริมาณการปนเปื้อนในพื้นที่การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ และการตัดสินใจเลือกแนวทางการฟื้นฟู ซึ่งมักจำกัดวงความสนใจไปที่การปนเปื้อนมลพิษที่มีแหล่งกำเนิดชัดเจน เทคนิคการบำบัดฟื้นฟูดินปนเปื้อนที่ส่งผลต่อสารมลพิษ อาทิ การย่อยสลาย การแยกส่วนออกจากดิน การสกัดออกจากดิน และการทำให้ดินปนเปื้อนมีความเสถียร แสดงดัง**ตารางที่ ๑ ในภาคผนวก ก***

๒. ตัวอย่างหัวข้อที่ต้องพิจารณาประมาณการค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างระบบ การเดินระบบและการบำรุงรักษาระบบการบำบัดกำจัดดินและน้ำใต้ดิน ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็น ***ดังตารางที่ ๔ – ๒***

๓. ข้อควรพิจารณาในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์การฟื้นฟูที่เหมาะสม (Remediation Levels) ควรใช้ Risk-based Approach ในการคำนวณเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ฟื้นฟูเฉพาะพื้นที่ ตาม Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I – Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals ทั้งนี้ กรณีค่าพื้นฐานมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ฟื้นฟูที่กำหนดขึ้นใหม่ตามหลักการ Risk-based อาจพิจารณาใช้ค่าพื้นฐานเป็นเกณฑ์ฟื้นฟูแทนได้ โดยใช้มาตรการลดความเสี่ยงอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ตัดเส้นทางการรับสัมผัส เป็นต้น บางกรณีอาจเลือกใช้ระดับ ๒ เท่าของค่าพื้นฐาน (2x 95% UCL) เป็นเกณฑ์ฟื้นฟูแทนได้โดยคำนึงถึงกระบวนการธรรมชาติบำบัด (natural attenuation)

๔. ข้อควรพิจารณาในการตัดสินใจเลือกวิธีการบำบัด กำจัด ฟื้นฟู ที่เหมาะสมตามข้อ ๑ ให้พิจารณาจากเอกสารขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา อาทิ Key Principles of Remedy Selection, Rules of Thumb for Superfund Remedy Selection, Role of the Baseline Risk Assessment in Superfund Remedy Selection Decisions, The Role of Cost in the Superfund Remedy Selection Process

ตารางที่ ๔ – ๒ ตัวอย่างหัวข้อที่ต้องพิจารณาในการประมาณการค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างระบบและการบำรุงรักษาระบบการบำบัดดินและน้ำใต้ดิน

ค่าลงทุน	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ
■ การก่อสร้างรื้อถอน - ค่าเครื่องมือก่อสร้าง - ค่าจัดทำแผนและดำเนินการตามแผน - ค่าก่อสร้างสถานีชั่วคราวและระบบสาธารณูปโภค - ค่ารื้อถอน ■ การติดตามตรวจสอบเฝ้าระวัง เก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์ - การติดตั้งบ่อติดตามตรวจสอบไอระเหยจากดิน (SVE Monitoring Wells) - การติดตั้งบ่อบำบัดไอระเหยจากดิน (Treatment Wall Monitoring Wells) ■ การจัดการสถานที่ปฏิบัติงาน	■ การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพระบบบำบัด (Performance Monitoring) - ค่าติดตามตรวจสอบไอระเหยจากดิน (SVE Vapor Monitoring) - ค่าเฝ้าระวังการปลดปล่อยไอระเหยจากดิน (SVE Emissions Monitoring) - ค่าเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน – กำแพงบำบัด (Treatment Wall – Groundwater Sampling) - ค่าวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใต้ดิน - กำแพงบำบัด (Treatment Wall – Groundwater Analysis) ■ การเฝ้าระวังการปนเปื้อนในพื้นที่ (Site Monitoring)

ค่าลงทุน	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ
- ค่าถางหญ้าขุดตอ - ค่าหยอดเมล็ดพันธุ์/ปลูกหญ้าคลุม/ใส่ปุ๋ย ■ การอัดอากาศและการสกัดไอระเหยออกจากดิน (Air Sparging/Soil Vapor Extraction) - ค่าก่อสร้างระบบสกัดไอระเหยออกจากดิน (SVE System) - ค่าก่อสร้างบ่อเติมถ่านกัมมันต์ (AS Injection Wells) - ค่าติดตั้งระบบเป่าถ่านกัมมันต์ (AS Blower) - ค่าท่อส่งถ่านกัมมันต์ (AS Piping) - ค่าติดตั้งระบบสกัดไอระเหยออกจากดิน (SVE System) - ค่าติดตั้งบ่อสกัดไอระเหยจากดิน (SVE Extraction Wells) - ค่าท่อส่งไอระเหยจากดิน (SVE Piping) - ค่าระบบไฟฟ้า (Electrical Hookup) - ค่าเริ่มเดินระบบและทดสอบ (Startup and Testing) ■ การติดตั้งกำแพงบำบัด (Passive Treatment Wall) - ค่าก่อสร้างร่องสารผสมกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Slurry Trench) - ค่าติดตั้งสารทำปฏิกิริยาในกำแพงบำบัด (Reactive Media) ■ การบำบัดกำจัดนอกพื้นที่ (Off-Site Treatment/ Disposal) - ค่าขนส่งดินปนเปื้อนไปบำบัดกำจัดนอกพื้นที่ (Off-Site Transport of Soil Cuttings) - ค่ากำจัดดินปนเปื้อนนอกพื้นที่ (Off-Site Disposal of Soil Cuttings) - ค่าขนส่ง/บำบัดน้ำเสียนอกพื้นที่ (Wastewater Discharge/Testing) ■ ค่าบริหารโครงการ ■ ค่าออกแบบระบบบำบัดฟื้นฟู (Remedial Design) ■ ค่าบริหารจัดการการก่อสร้าง (Construction Management) ■ การควบคุมภายใน - ค่าจัดทำแผนควบคุม	- ค่าเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (Groundwater Sampling) - ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดิน (Groundwater Laboratory Analysis) ■ การอัดอากาศและการสกัดไอระเหยออกจากดิน (Air Sparging/Soil Vapor Extraction) - ค่าแรงการเดินระบบ - ค่าแรงการดูแลรักษาระบบ - ค่าซ่อมอุปกรณ์ - ค่าสาธารณูปโภค ■ การกำจัดบำบัดนอกพื้นที่ ■ การตรวจวิเคราะห์น้ำทิ้ง **อื่น ๆ** ■ ค่าออกแบบระบบบำบัดฟื้นฟู ■ ค่าบริหารจัดการโครงการ ■ ค่าบริหารจัดการงานก่อสร้าง ■ ค่าสนับสนุนทางเทคนิค ■ ค่าบริหารจัดการฉุกเฉิน ■ ค่าบังคับใช้ทางกฎหมาย - การห้ามใช้น้ำใต้ดิน - ฐานข้อมูลพื้นที่ปนเปื้อน

ค่าลงทุน	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ
- ค่าจัดทำคำสั่งห้ามใช้น้ำใต้ดิน (Groundwater Use Restriction) - ค่าจัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ (Site Information Database)	
ที่มา: United States Environmental Protection Agency. July 2000. A Guide to Developing and Documenting Cost Estimates During the Feasibility Study. EPA 540-R-00-002. (USEPA 2000)	

หมายเหตุ: *การประมาณการค่าใช้จ่ายในการออกแบบและก่อสร้างอาจพิจารณาราคากลางของวัสดุก่อสร้าง ครุภัณฑ์ ค่าแรงงาน และค่าขนส่ง ตาม (๑) ประกาศคณะกรรมการราคากลางและขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ฉบับที่ ๕ ลงวันที่ ๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๕ หรือฉบับล่าสุดของกรมบัญชีกลาง (www.gprocurement.go.th) (๒) แนวทาง วิธีปฏิบัติและรายละเอียดประกอบการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง พ.ศ. ๒๕๖๐ ส่วนที่ ๒ รายละเอียดประกอบการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง และแนวทางของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ*

๑.๔) ค่าใช้จ่ายในการหาดินมาเติมทดแทน

กรณีที่มีการตักหน้าดินปนเปื้อนไปกำจัดและต้องการใช้ประโยชน์พื้นที่ จึงต้องจัดหาดินมาทดแทน จะมีสูตรในการประมาณการราคาค่าใช้จ่าย ดังสมการ

ค่าดินทดแทน	= ค่าดิน/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยว (ครั้ง) หรือ = ค่าดิน/ลบ.ม. (บาท) x ปริมาณ (ลบ.ม.)

๑.๕) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัด/กำจัดมลพิษ

เป็นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษก่อนปล่อยระบายสู่พื้นดิน ตัวอย่างเช่น ค่าติดตั้งระบบบำบัดกำจัดหรือจัดการกากของเสียหรือควบคุมน้ำทิ้ง หรือกำจัดอากาศเสียที่สถานประกอบการเพื่อลดการปลดปล่อยสารมลพิษออกสู่ดิน หรือระบบรวบรวมกากของเสียในสถานประกอบการก่อนส่งไปกำจัด เป็นต้น โดยอาจใช้หลายวิธีร่วมกันหรือเลือกใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัด/กำจัด	= [ค่าระบบบำบัด/ระบบ (บาท) x จำนวนระบบ] + [ค่าเดินระบบ/ปี (บาท) x จำนวนปี (ปี)]
ค่าใช้จ่ายในการเตรียมสถานที่เก็บกักกากของเสียอันตราย	= ค่าติดตั้งอุปกรณ์เฉพาะสำหรับเก็บกักกากของเสีย/หลัง (บาท) x อาคาร (หลัง)

๑.๖) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูดินปนเปื้อน

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการจัดส่งเจ้าหน้าที่ออกไปติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูดินปนเปื้อน ประกอบด้วย ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในดิน ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในไอระเหยจากดิน (soil gas) ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) X จำนวนคน (คน) X จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป–กลับ (บาท/คน) X จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ)) x จำนวนครั้ง/ปี X จำนวนปี
ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในดิน	= ค่าวิเคราะห์ดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ x จำนวนตัวอย่าง x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในไอระเหยในดิน	= ค่าวิเคราะห์ไอระเหยในดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ x จำนวนตัวอย่าง x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่าง/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี

๒) พืชผักทางการเกษตร พืชเศรษฐกิจและพืชผักสวนครัว

ดินปนเปื้อนสารมลพิษในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมอาจส่งผลให้พืชผลทางการเกษตร ทั้งพืชเศรษฐกิจและพืชผักสวนครัวได้รับความเสียหาย ทำให้ไม่สามารถบริโภคหรือจำหน่ายได้ จึงเกิดการสูญเสียรายได้ ค่าความเสียหายจึงมีได้ทั้งค่าชดเชยพืชผลที่สูญเสียไป ค่าจัดหาแหล่งเพาะปลูกใหม่ (ถ้ามี) และค่าครองชีพที่เพิ่มขึ้น ดังสมการ

ค่าชดเชยพืชผลที่สูญเสียไป	= จำนวนพืชผลต่อไร่ (กก. หรือ ตัน) x จำนวนพื้นที่ที่เสียหาย (ไร่) x ราคาขายต่อกก.หรือตัน (บาท)
ค่าจัดหาแหล่งเพาะปลูกใหม่	= ราคาที่ดิน (บาท) x พื้นที่ (ไร่) หรือ ราคาเช่าที่ดิน (บาท) X พื้นที่ (ไร่)
ค่าใช้จ่ายในการปลูกพืชทดแทน	= [ค่าพันธุ์พืช/ต้น (บาท) x จำนวนต้น (ต้น)] + [ค่าแรงงาน/วัน/คน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนคนงาน (คน)]

หมายเหตุ *ราคาพืชผลทางเศรษฐกิจ พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ล้มลุก และอื่น ๆ รวมทั้ง ราคาที่ดินสามารถสืบค้นราคากลางของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (https://www.oae.go.th) กรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์ (https://agri.dit.go.th) สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (https://www.erc.or.th/web-upload) สมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (https://vat.or.th/) สำหรับกรณีที่ไม่มีราคากลางกำหนดไว้อาจอนุโลมใช้ราคาประเมินที่เกี่ยวข้องได้*

๓) การอพยพย้ายถิ่นฐานเนื่องจากการปนเปื้อนทรัพยากรดิน

กรณีการปนเปื้อนทรัพยากรดินอาจจำเป็นต้องมีการอพยพโยกย้ายถิ่นฐานทั้งชั่วคราวและถาวร ค่าความเสียหายต่อทรัพยากรดิน พิจารณาจากค่าเช่าที่อยู่ระหว่างการโยกย้ายถิ่นฐานชั่วคราว ค่าซื้อที่ดินและหรืออสังหาริมทรัพย์กรณีโยกย้ายถาวร และค่ารื้อถอนขนย้าย ดังสมการ

ค่าชดเชย/ค่าเวนคืน/ค่าจัดซื้อที่ดินใหม่	= ราคาที่ดิน (บาท) x พื้นที่ (ไร่)
ค่าจัดซื้ออสังหาริมทรัพย์	= ราคาอสังหาริมทรัพย์ต่อหลัง (บาท) x จำนวนหลัง (หลัง)
ค่าเช่าที่อยู่	= ค่าเช่าต่อวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนคนหรือครอบครัว (คนหรือครอบครัว)
ค่ารื้อถอน	= ค่าแรงงานต่อหน่วย (บาท) x งานรื้อถอน (หน่วย:ลบ.ม./ตร.ม./ชุด/เมตร/บ่อ)
ค่าปรับปรุงสถานที่ใหม่	= ค่าแรงงานต่อหน่วย (บาท) x งานปรับปรุง (หน่วย:ลบ.ม./ตร.ม./ชุด/เมตร/บ่อ)

หมายเหตุ *ราคาที่ดินและอสังหาริมทรัพย์สามารถสืบค้นได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (https://vat.or.th/) และค่าแรงงานในการรื้อถอนงานก่อสร้างสามารถสืบค้นได้จากบัญชีค่าแรงงานดำเนินการสำหรับการ*

ถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ตามแนวทาง วิธีปฏิบัติและรายละเอียดประกอบการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง พ.ศ. ๒๕๖๐ ส่วนที่ ๒ รายละเอียดประกอบการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง หรือฉบับล่าสุด

๔) มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ที่ลดต่ำลง

ความเสียหายจากพื้นที่ปนเปื้อนสารมลพิษในพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมอาจทำให้ค่าอสังหาริมทรัพย์ในพื้นที่ใกล้เคียงตกต่ำลง ตัวอย่างเช่น อสังหาริมทรัพย์พื้นที่ใกล้เคียงกับบริษัท หมิงตี้เคมิคอล จำกัด มีราคาตกต่ำลงจากกรณีเกิดเหตุระเบิดและเพลิงไหม้ที่ส่งผลกระทบต่อบริเวณหมู่บ้านข้างเคียงจากแรงอัดอากาศและสารอันตรายในบรรยากาศ เป็นต้น โดยค่าความเสียหายแก่ผู้ประกอบการอสังหาริมทรัพย์อาจมาจากการใช้ราคาอสังหาริมทรัพย์ในช่วงเวลาปกติ (ก่อนเกิดเหตุ) ลบด้วยราคาอสังหาริมทรัพย์ในช่วงเวลาหลังเกิดเหตุพื้นที่ปนเปื้อน ดังสมการ

มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ที่เปลี่ยนไป = [ราคาอสังหาริมทรัพย์ต่อหลัง$_{\text{ก่อนเกิดเหตุ}}$ (บาท) – ราคาอสังหาริมทรัพย์ต่อหลัง$_{\text{หลังเกิดเหตุ}}$ (บาท)] x จำนวนอสังหาริมทรัพย์ (หลัง)

หมายเหตุ *ราคาอสังหาริมทรัพย์สามารถสืบค้นได้จากสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (https://vat.or.th/) หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง*

๕) ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนในดิน

สารมลพิษในดินอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง การประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์จากมลพิษต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการก่อให้เกิดพิษ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับปริมาณสาร (ระดับของมลพิษ) ที่รับสัมผัส และระดับหรือขนาดของผลกระทบต่อสุขภาพ (Dose - Response Approach) โดยค่าความเสียหายอาจพิจารณาจากต้นทุนของการเจ็บป่วยที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากมลพิษที่เพิ่มขึ้นจึงสามารถประเมินได้โดยใช้ข้อมูลจากต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

๕.๑) ค่าตรวจวินิจฉัย ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้น

กรณีที่การปนเปื้อนมลพิษทางดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันหรือเรื้อรังแบบไม่ก่อมะเร็ง อาจพิจารณาประเมินค่าความเสียหายจากค่าตรวจวินิจฉัย ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้นทั้งที่เป็นค่าใช้จ่ายจริงหรือค่าใช้จ่ายที่ประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพและต้นทุนค่าตรวจวินิจฉัยและค่ารักษาพยาบาล รวมทั้งค่าดูแลระหว่างพักฟื้น (ถ้ามี) ได้แก่ ค่าจ้างผู้ดูแล ค่าวัสดุสิ้นเปลือง ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย = จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)

ค่ารักษาพยาบาล = จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)

ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น = [ค่าจ้างผู้ดูแลรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

หมายเหตุ *ค่าวินิจฉัยโรคและค่ารักษาพยาบาลสามารถสืบค้นจากอัตราค่าบริการสาธารณสุขที่กำหนดโดยกรมบัญชีกลาง (รวบรวมและเผยแพร่โดยสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (https://www.nhso.go.th/lgo/download/9) ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดราคากลาง สามารถใช้ราคาเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในการตรวจวินิจฉัยและรักษาพยาบาลที่ครอบคลุมการรักษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องในสถานพยาบาลเป็นราคาเฉลี่ยต่อราย ซึ่งโรคหรือการเจ็บป่วยดังกล่าวต้องมีที่มาที่สอดคล้องกับเหตุมลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ*

๕.๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ

กรณีมลพิษเป็นสารก่อมะเร็ง สามารถประเมินจำนวนผู้ที่อาจเป็นมะเร็งในตลอดช่วงชีวิต (๗๐ ปี) จากกระบวนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Health Risk Assessment) ซึ่งจะได้เป็นอัตราจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรล้านคน (10^{-6}) หรือจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรต่อแสนคน (10^{-5}) จากนั้นให้เทียบเคียงกับจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่ปนเปื้อนและบ่งชี้จำนวนผู้ป่วยที่อาจพบ และสืบค้นค่ารักษาพยาบาลจากการเกิดมะเร็งต่อรายผู้ป่วยและคำนวณเป็นค่าเสียหายได้ ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= [ค่าจ้างผู้ดูแลรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๕.๓) ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการที่ไม่ได้ทำงาน

เป็นต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงหรือทำงานไม่ได้อันเกิดจากการเจ็บป่วยจากเหตุมลพิษ ดังสมการ

ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการไม่ได้ทำงาน	= ค่าจ้างรายวันที่ควรได้รับ (บาท) x จำนวนวันที่ไม่ได้ทำงาน (วัน)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๔.๒.๒ ทรัพยากรน้ำใต้ดิน

๑) การปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน

๑.๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการประเมินขอบเขตและขนาดหรือระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนหรือความเสียหายต่อทรัพยากรน้ำใต้ดิน สามารถประมาณการได้จากค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดินปนเปื้อน ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) x จำนวนคน (คน) x จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ ไป – กลับ (บาท/คน) x จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ))
ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดินปนเปื้อน	= ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง)
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่างน้ำใต้ดิน/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว)
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๒) การจัดสร้างเขื่อนกั้นไม่ให้รั่วไหลปนเปื้อนที่อื่น

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายในการป้องกันการรั่วไหลไปปนเปื้อนในบริเวณอื่น โดยประมาณการราคาจากค่าออกแบบ (Design Cost) และก่อสร้าง (Construction Cost) เขื่อนกั้นป้องกันไม่ให้น้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนรั่วไหลไปปนเปื้อนที่บริเวณอื่น ดังสมการ

ค่าออกแบบและก่อสร้างเขื่อนป้องกันการรั่วไหล	= ค่าออกแบบ + ก่อสร้างและจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็น
ค่าแรงงานพนักงานออกแบบ/ก่อสร้างเขื่อนป้องกันการรั่วไหล	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวันทำงาน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๓) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินในพื้นที่หรือนอกพื้นที่

๑.๓.๑) กรณีบำบัดฟื้นฟูในพื้นที่ จะต้องพิจารณาถึงปริมาณกากของเสียฯ และคุณสมบัติของกากของเสียและความเป็นอันตราย เพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการกำจัด โดยที่ราคาค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างกากของเสียขึ้นกับพารามิเตอร์หรือมลพิษที่ตรวจวิเคราะห์ ค่าบำบัดกำจัดของเสียฯ ตามปริมาณและความยุ่งยากของวิธีการบำบัดกำจัด และจะต้องประมาณการค่าใช้จ่ายจากค่าออกแบบระบบ (Design Cost) ค่าก่อสร้างและค่าลงทุนจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือระบบบำบัดฟื้นฟู (Construction and Capital Cost) ค่าเดินและบำรุงรักษาระบบ (Operation and Maintenance Cost) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง/เดินเครื่องสูบน้ำและค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง/เดินเครื่องปั๊มน้ำเพื่ออัดกลับคืน รวมถึงค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังสมการ

ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อน	= ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตัวอย่าง)
ค่าบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินปนเปื้อน	= ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ (บาท) + ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและจัดซื้อ/ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือ/ทดลองเดินระบบ (บาท) + [ค่าใช้จ่ายในการเดินและการบำรุงรักษาระบบต่อปี (บาท) x จำนวนปี]
ค่าสูบ/อัดกลับน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อน (ถ้ามี)	= ค่าติดตั้ง/เดินเครื่องสูบ/อัดกลับน้ำใต้ดิน (บาท/ลบ.ม.) x ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)
ค่าแรงพนักงานในการออกแบบ/ก่อสร้าง/ติดตั้ง/ทดลอง/เดินและการบำรุงรักษา	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวันทำงาน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๓.๒) กรณีบำบัดฟื้นฟูนอกพื้นที่ จะต้องพิจารณาถึงปริมาณกากของเสียฯ และคุณสมบัติของกากของเสียและความเป็นอันตราย เพื่อประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์และยานพาหนะ เช่น ชนิดภาชนะบรรจุ ชนิดของยานพาหนะ เป็นต้น จำนวนยานพาหนะที่ใช้ จำนวนเที่ยวในการขนส่ง เชื้อเพลิงของยานพาหนะขนส่งตามระยะทางต่อ ๑ เที่ยวการขนส่ง ค่าแรงพนักงานต่อยานพาหนะ ๑ คัน ต่อ ๑ เที่ยวการขนส่ง และค่าเสื่อมอุปกรณ์และยานพาหนะต่อยานพาหนะ ๑ คัน ต่อ ๑ เที่ยวการขนส่ง (ภาชนะบรรจุทั้งแบบเดี่ยวและติดตั้งไว้กับยานพาหนะ) รวมถึงค่าวิเคราะห์ตัวอย่างของเสียฯ เพื่อประเมินวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการกำจัดเพื่อคัดเลือกโรงงานหรือสถานประกอบการบำบัดกำจัดที่เหมาะสมและอยู่ในระยะทางขนส่งที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยง และการประมาณการราคาค่าบำบัดกำจัดของเสียฯ ตามปริมาณและความยุ่งยากของวิธีการบำบัดกำจัดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติและความเป็นอันตรายของกากของเสียฯ ตลอดจนค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็น และค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้องดังสมการ

ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อน	= ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตัวอย่าง)
ค่าขนย้ายน้ำใต้ดินปนเปื้อน	= ค่าขนส่งน้ำใต้ดินปนเปื้อน/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว) ปี]
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าบำบัดน้ำใต้ดินปนเปื้อน	= ค่าบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินปนเปื้อน (บาท/ลบ.ม.) x ปริมาตรน้ำใต้ดิน (ลบ.ม.)

หมายเหตุ *แนวทางการฟื้นฟูน้ำใต้ดินทั้งในและนอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน ที่ผู้ประเมินสามารถตัดสินใจเลือกใช้ และนำไปประมาณการค่าใช้จ่ายในการออกแบบ การก่อสร้างระบบ และการดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ* ***ดังภาคผนวก ก***

๑.๔) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้ง ณ จุด/แหล่งระบายน้ำทิ้ง

เป็นค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้ง ณ จุด/แหล่งระบายน้ำทิ้ง ตัวอย่างเช่น ค่าติดตั้งระบบบำบัดหรือควบคุมน้ำทิ้งที่สถานประกอบการเพื่อลดการปล่อยระบายลงสู่ดินและน้ำใต้ดิน เป็นต้น โดยอาจใช้หลายวิธีร่วมกันหรือเลือกใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบบำบัด	= [ค่าระบบบำบัด/ระบบ (บาท) x จำนวนระบบ] + ค่าเดินระบบ/ปี (บาท) x จำนวนปี (ปี)]

๑.๕) ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างระบบรวบรวมน้ำชะจากกองกากของเสียที่ลักลอบทิ้งและค่าบำบัด

จะต้องพิจารณาคาดการณ์ปริมาณน้ำชะที่จะเกิดขึ้นจากกองกากของเสียฯ สมบัติและความเป็นอันตรายของน้ำชะ เพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวม โดยที่ราคาค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำขึ้นกับพารามิเตอร์หรือมลพิษที่ตรวจวิเคราะห์ซึ่งอย่างน้อยควรสอดคล้องกับสมบัติและอันตรายของกากของเสียที่ลักลอบทิ้ง และจะต้องประมาณการค่าใช้จ่ายจากค่าออกแบบระบบ (Design Cost) ค่าก่อสร้างและค่าลงทุนจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือระบบเก็บรวบรวม (Construction and Capital Cost) ค่าเดินและบำรุงรักษาระบบ (Operation and Maintenance Cost) รวมถึงค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังสมการ

ค่าวิเคราะห์น้ำชะ	= ค่าวิเคราะห์น้ำชะ/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตัวอย่าง)
ค่าออกแบบก่อสร้างระบบรวบรวมน้ำชะ	= ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ (บาท) + ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและจัดซื้อ/ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือ/ทดลองเดินระบบ (บาท) + [ค่าใช้จ่ายในการเดินและการบำรุงรักษาระบบต่อปี (บาท) x จำนวนปี]
ค่าแรงพนักงานในการออกแบบ/ก่อสร้าง/ติดตั้ง/ทดลอง/เดินและการบำรุงรักษา	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวันทำงาน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๖) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินปนเปื้อน

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการจัดส่งเจ้าหน้าที่ออกไปติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูน้ำใต้ดินปนเปื้อน ซึ่งประกอบด้วย ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) x จำนวนคน (คน) x จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป–กลับ (บาท/คน) x จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป–กลับ)) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน	= ค่าวิเคราะห์น้ำใต้ดินปนเปื้อน (บาท/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง) x จำนวนพารามิเตอร์ x จำนวนตัวอย่าง x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่าง/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี

๒) การไม่สามารถนำน้ำดิบมาใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภคได้

เป็นการประมาณการค่าเสียหายสามารถประเมินจากค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนเพื่อผลิตน้ำประปา การจัดหาแหล่งน้ำดิบทดแทน และการจัดซื้อน้ำทดแทนชั่วคราวสำหรับการอุปโภคบริโภค และการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำใต้ดิน	= ปริมาณสารเคมีในการบำบัด (กก.) x ค่าสารเคมีต่อกก. (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการเจาะบ่อบาดาลทดแทน	= ค่างานเจาะบ่อน้ำบาดาล (บาท) x จำนวนบ่อ (บ่อ)
ค่าจัดซื้อน้ำทดแทนชั่วคราว	= ปริมาณน้ำทดแทน (ลิตร/ขวด) x ราคาน้ำต่อลิตรหรือต่อขวด (บาท) x วัน

๓) ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนในน้ำใต้ดินเกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย

สารมลพิษที่ปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดินจะเป็นลักษณะเดียวกับที่ปนเปื้อนในดิน ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง ดังนั้นการประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์จะสอดคล้องไปในแนวทางเดียวกับกรณีดินปนเปื้อนเช่นเดียวกัน ประกอบด้วย

๓.๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้น

กรณีที่การปนเปื้อนมลพิษทางน้ำใต้ดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในแบบเฉียบพลันหรือเรื้อรังในแบบไม่ก่อมะเร็ง อาจพิจารณาประเมินค่าความเสียหายจากค่าตรวจวินิจฉัย ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้นทั้งที่เป็นจึงเป็นได้ทั้งค่าใช้จ่ายจริงหรือค่าใช้จ่ายที่ประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพและต้นทุนค่าตรวจวินิจฉัย และค่ารักษาพยาบาล รวมทั้งค่าดูแลระหว่างพักฟื้น (ถ้ามี) ซึ่งจะรวมถึงค่าจ้างผู้ดูแลและค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

หมายเหตุ *ค่าวินิจฉัยโรคและค่ารักษาพยาบาลสามารถสืบค้นจากอัตราค่าบริการสาธารณสุขที่กำหนดโดยกรมบัญชีกลาง (รวบรวมและเผยแพร่โดยสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (https://www.nhso.go.th/go/download/9) ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดราคากลาง สามารถใช้ราคาเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในการตรวจวินิจฉัยและรักษาพยาบาลที่ครอบคลุมการรักษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องในสถานพยาบาลเป็นราคาเฉลี่ยต่อราย ซึ่งโรคหรือการเจ็บป่วยดังกล่าวต้องมีที่มาที่สอดคล้องกับเหตุมลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ*

๓.๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ

กรณีมลพิษเป็นสารก่อมะเร็ง สามารถประเมินจำนวนผู้ที่อาจได้รับผลกระทบในตลอดช่วงชีวิต (๗๐ ปี) จากกระบวนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Health Risk Assessment) ซึ่งจะได้เป็นอัตราจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรล้านคน (10^{-6}) หรือจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรต่อแสนคน

(10^{-5}) จากนั้นให้เทียบเคียงกับจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่ปนเปื้อนและบ่งชี้จำนวนผู้ป่วยที่อาจพบและสืบค้นค่ารักษาพยาบาลจากการเกิดมะเร็งต่อรายผู้ป่วยและคำนวณเป็นค่าเสียหายได้ ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๓.๓) ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการที่ไม่ได้ทำงาน

เป็นต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงหรือทำงานไม่ได้อันเกิดจากการเจ็บป่วยจากเหตุมลพิษ ดังสมการ

ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการไม่ได้ทำงาน ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างรายวันที่ควรได้รับ (บาท) x จำนวนวันที่ไม่ได้ทำงาน (วัน) = [ค่าจ้างผู้ดูแลรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๔.๒.๓. ทรัพยากรน้ำผิวดิน

๑) การปนเปื้อนในน้ำผิวดิน

๑.๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการประเมินขอบเขตและขนาดหรือระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนหรือความเสียหายต่อน้ำผิวดิน ซึ่งสามารถประมาณการได้จากค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์น้ำผิวดินปนเปื้อน ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) x จำนวนคน (คน) x จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป – กลับ (บาท/คน) x จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ))
ค่าวิเคราะห์น้ำผิวดินปนเปื้อน	= ค่าวิเคราะห์น้ำผิวดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตย.)
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง)
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่างดิน/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว)
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๒) การไม่สามารถนำน้ำดิบมาใช้ในการผลิตน้ำประปาเพื่อการอุปโภคบริโภคได้

แหล่งน้ำผิวดินบริเวณที่มีการรั่วไหลของมลพิษหรือน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษหรือจากกรณีอุบัติภัยจากสารเคมี อาทิ การดับเพลิงไหม้สถานประกอบการซึ่งมีการกักเก็บหรือใช้วัตถุดิบ/สารตั้งต้นประเภทสารเคมีอันตราย โดยเฉพาะการดับด้วยเคมีหรือโฟมดับเพลิง จะทำให้เกิดน้ำเสียจากการดับเพลิงที่มีการปนเปื้อนจากสารเคมีอันตรายไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดินได้ ทำให้เกิดผลกระทบในหลายด้าน อาทิ คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลงและไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอุปโภคบริโภคหรือใช้เป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาเพื่ออุปโภคบริโภค ในการประมาณการค่าความเสียหายอาจประเมินจากค่าใช้จ่ายจากค่าใช้จ่ายในการดำเนินการปิดและเปิดประตูระบายน้ำ เป็นการประมาณการจากค่าติดต่อประสานงานติดต่อขอปิดและเปิดประตูระบายน้ำจากหน่วยงานรับผิดชอบ ร่วมกับค่าใช้จ่ายในการปิดและเปิดประตูน้ำของหน่วยงาน เพื่อกักเก็บมวลน้ำน้ำเสียไม่ให้ปนเปื้อนไปบริเวณอื่นหรือทั่วทั้งลำน้ำและดำเนินการบำบัดฟื้นฟูคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นหรือกักเก็บให้สารเคมีสลายตัวตามระยะเวลาที่คำนวณจากค่าครึ่งชีวิตของสารเคมี ดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการปิดและเปิดประตูระบายน้ำ	= [ค่าใช้จ่ายติดต่อประสานงาน (ค่าโทรศัพท์/ค่าอินเตอร์เน็ต) ต่อครั้ง (บาท) X จำนวนครั้งที่ติดต่อ (ครั้ง)] + [ค่าใช้จ่ายในการปิดและเปิดประตูน้ำของหน่วยงานต่อครั้ง (บาท) X จำนวนครั้ง (ครั้ง)]

๑.๓) ค่าบำบัดฟื้นฟูแหล่งน้ำ

จะต้องพิจารณาถึงปริมาณน้ำเสียและสมบัติของน้ำเสีย เพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการบำบัดฟื้นฟู โดยที่ราคาค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย ขึ้นกับพารามิเตอร์หรือมลพิษที่ตรวจวิเคราะห์ ค่าบำบัดน้ำเสียฯ ตามปริมาณและความยุ่งยากของเทคนิควิธีการบำบัด กรณีที่ต้องมีการก่อสร้างสิ่งติดตั้งหรืออำนวยความสะดวกเพิ่มเติมเพื่อการบำบัดฟื้นฟู โดยจะต้องประมาณการค่าใช้จ่ายจากค่าออกแบบระบบ (Design Cost) ค่าก่อสร้างและค่าลงทุนจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือระบบบำบัด (Construction and Capital Cost) และทดลองเดินระบบ (Testrun Cost) ค่าเดินและบำรุงรักษาระบบ (Operation and Maintenance Cost) รวมถึงค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังสมการ

ค่าวิเคราะห์น้ำเสีย	= ค่าวิเคราะห์น้ำเสีย/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตัวอย่าง)
ค่าบำบัดฟื้นฟูน้ำผิวดินปนเปื้อน	= ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ (บาท)+ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและจัดซื้อ/ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือ/ทดลองเดินระบบ (บาท) + [ค่าใช้จ่ายในการเดินและการบำรุงรักษาระบบต่อปี (บาท) X จำนวนปี]

ค่าแรงพนักงานในการออกแบบ/ก่อสร้าง/ติดตั้ง/ทดลอง/เดินและการบำรุงรักษา	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวันทำงาน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

หมายเหตุ *ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำผิวดินปนเปื้อนทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ที่ผู้ประเมินสามารถเลือกใช้ และนำไปประมาณการค่าใช้จ่ายในการออกแบบ การก่อสร้างระบบ และการดำเนินการและบำรุงรักษาระบบ* ***ดังภาคผนวก ก***

๑.๔) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำผิวดินที่ปนเปื้อนเพื่อผลิตประปา (ต้นทุนสูงขึ้น)

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำดิบเบื้องต้นเพื่อผลิตประปาที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากคุณภาพของน้ำดิบเสื่อมโทรมลง ซึ่งขึ้นกับความยุ่งยากซับซ้อนและเทคโนโลยีของวิธี/กระบวนการบำบัดอาทิ กระบวนการทางกายภาพ เช่น การกรองโดยระบบเยื่อเลือกผ่าน การดูดซับโดยตัวซับ กระบวนการบำบัดทางเคมี เช่น การเติมสารเคมีเพิ่มขึ้นเพื่อปรับสภาพ/ตกตะกอนโลหะหนัก/ขจัดเชื้อโรค และกระบวนการทางชีวภาพ เช่น Trickling Filters หรือ Activated Sludge เป็นต้น ตัวอย่างดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำดิบด้วยวิธีทางเคมี = ปริมาณสารเคมีต่อน้ำ ๑ ลบ.ม. (กก.) x ค่าสารเคมีต่อกก. (บาท) x ปริมาณน้ำที่บำบัด (ลบ.ม.)

หมายเหตุ *ในการบำบัดดำเนินการโดยโรงผลิตน้ำประปาเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อดำเนินการบำบัดเบื้องต้น (pretreatment)*

๑.๕) ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำดิบทดแทน

เป็นการประมาณการจากค่าก่อสร้างสถานีสูบน้ำดิบแหล่งใหม่เพื่อทดแทนแหล่งเดิมดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำดิบทดแทน = ค่าออกแบบและก่อสร้างสถานีสูบน้ำดิบ (บาท)

หมายเหตุ *ราคากลางการก่อสร้างสถานีสูบน้ำดิบให้มีการคำนวณเป็นไปตามประกาศคณะกรรมการราคากลางและขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ฉบับที่ ๕ ลงวันที่ ๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๕ หรือฉบับล่าสุด*

๑.๖) ค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีสูบน้ำดิบ

เป็นการประมาณการจากค่าใช้จ่ายในการศึกษาสำรวจหาแหล่งน้ำดิบที่เหมาะสม ร่วมกับค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและติดตั้งสถานีสูบน้ำดิบเดิมมายังสถานีสูบน้ำดิบใหม่ ดังสมการ

ค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีสูบน้ำดิบ =	[ค่าศึกษาสำรวจแหล่งน้ำดิบใหม่ที่เหมาะสมต่อแหล่งต่อครั้ง (บาท) X จำนวนแหล่งน้ำดิบใหม่ (แหล่ง) X จำนวนครั้งการสำรวจ (ครั้ง)] + [ค่าขนส่งอุปกรณ์เครื่องมือสถานีสูบน้ำ/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว)] + [ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง/วัน/คน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)] + ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือสถานีสูบน้ำ]

๑.๗) ค่าจัดซื้อน้ำทดแทนชั่วคราวสำหรับการอุปโภค บริโภค และการผลิตในภาคอุตสาหกรรม

เป็นการประมาณการจากอัตราราคาน้ำสำหรับการอุปโภค บริโภค และการผลิตทางอุตสาหกรรมที่ซื้อขายในตลาด ดังสมการ

ค่าจัดซื้อน้ำทดแทนชั่วคราว = ปริมาณน้ำทดแทน (ลิตรหรือขวด/วัน) x ราคาน้ำต่อลิตร/ขวด (บาท) x จำนวนวัน

๑.๘) ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูน้ำผิวดินปนเปื้อน

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการจัดส่งเจ้าหน้าที่ออกไปติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูน้ำผิวดิน ซึ่งประกอบด้วย ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำผิวดิน และค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในตะกอนดิน ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) x จำนวนคน (คน) x จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป – กลับ (บาท/คน) x จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ)) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในน้ำผิวดิน	= ค่าวิเคราะห์น้ำผิวดินปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ x จำนวนตัวอย่าง x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในตะกอนดิน	= ค่าวิเคราะห์ตะกอนดินปนเปื้อน (บาท/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง) x จำนวนพารามิเตอร์ x จำนวนตัวอย่าง x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่าง/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี

๒) ผลกระทบต่อสัตว์น้ำในกะชัง

แหล่งน้ำผิวดินบางแห่งมีการกั้นพื้นที่เพื่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เมื่อเกิดการรั่วไหลหรือเหตุมลพิษไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน สัตว์น้ำในกะชังหรือแหล่งการเพาะเลี้ยงอาจได้รับผลกระทบทำให้เกิดการตายหรือสะสมสารอันตรายและไม่สามารถนำไปบริโภคหรือขายได้ ดังนั้น มูลค่าความเสียหายต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงพิจารณาจากจำนวณสัตว์น้ำเพาะเลี้ยงที่ได้รับผลกระทบที่ควรได้รับการชดเชยตลอดระยะเวลาที่เกิดผลกระทบ และค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้จากการจำหน่ายสัตว์น้ำที่เพาะเลี้ยงดังกล่าว ประกอบด้วย

๒.๑) ค่าชดเชยตามราคาสัตว์น้ำที่ตาย ดังสมการ

ค่าชดเชยตามราคาสัตว์น้ำ = ผลรวมตามจำนวนชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ [ราคาสัตว์น้ำ/กก./ชนิดพันธุ์ (บาท) x น้ำหนักสัตว์น้ำ/ชนิดพันธุ์ (กก.)]

๒.๒) ค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ ดังสมการ

ค่าสูญเสียรายได้จากการจำหน่ายสัตว์ที่เพาะเลี้ยง = รายได้จากสัตว์น้ำ/กก./ปี (บาท) x ปริมาณสัตว์น้ำ (กก.) x จำนวนปีที่เสียโอกาสหรือสูญเสียรายได้ (ปี)

๓) ผลกระทบต่อระบบนิเวศน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดินบางแห่งมีความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศทำให้มีสัตว์น้ำอาศัยและเติบโตหลากหลายชนิดและสายพันธุ์ ซึ่งให้คุณค่าในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นแหล่งรายได้จากการจับสัตว์น้ำจำหน่ายเพื่อเลี้ยงชีพ หรือเป็นแหล่งอาหารเพื่อดำรงชีพ ของประชาชนและชุมชนบริเวณริมแหล่งน้ำและบริเวณใกล้เคียง เมื่อเกิดการรั่วไหลหรือเหตุมลพิษลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน สัตว์น้ำในแหล่งน้ำผิวดินนั้นอาจได้รับผลกระทบทำให้เกิดการตาย บางครั้งถึงทำลายสมดุลและความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำนั้น ทำให้สัตว์น้ำบางชนิดสูญพันธุ์หรือเสี่ยงสูญพันธุ์ หรือได้รับการสะสมสารเคมีอันตรายทำให้ไม่สามารถจำหน่ายหรือบริโภคได้ ดังนั้น ในการประเมินมูลค่าความเสียหาย จะต้องพิจารณาถึงการหาพันธุ์ปลาหรือสัตว์น้ำมาปล่อยทดแทนเพื่อรักษาสมดุลของระบบนิเวศน์ หรือค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้จากการจับสัตว์น้ำเพื่อเลี้ยงชีพ หรือค่าครองชีพที่เพิ่มขึ้นจากการต้องซื้อหาอาหารอื่นทดแทนการบริโภคสัตว์น้ำจากแหล่งนั้นดังกล่าว

๓.๑) ค่าพันธุ์พืชหรือสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ต้องปล่อยทดแทน ดังสมการ

ค่าจัดหาพันธุ์พืช/สัตว์น้ำทดแทน = [ค่าพันธุ์พืช/สัตว์/กก. (บาท) x ปริมาณพันธุ์สัตว์ทดแทน (กก.) x จำนวนครั้ง] + [ค่าแรงงาน/ครั้ง (บาท) x จำนวนครั้ง] + [ค่าแรงดำเนินการบำรุงรักษาถิ่นที่อยู่/วัน x จำนวนวัน (วัน)]

๓.๒) ค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ ดังสมการ

ค่าสูญเสียรายได้จากการจับสัตว์น้ำ = รายได้จากสัตว์น้ำ/กก./ปี (บาท) x ปริมาณสัตว์น้ำ (กก.) x จำนวนปีที่สูญเสียรายได้ (ปี)

๓.๓) ค่าจัดซื้ออาหารทดแทนการบริโภคสัตว์น้ำชั่วคราว ดังสมการ

ค่าจัดซื้ออาหารทดแทนการบริโภคสัตว์น้ำชั่วคราว = ค่าอาหารทดแทน/วัน (บาท) x จำนวนวัน/ปี (วัน) x จำนวนปีที่ต้องซื้อทดแทน (ปี)

๔) ผลกระทบต่อการท่องเที่ยวแหล่งน้ำผิวดิน

แหล่งน้ำผิวดินยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวตามธรรมชาติซึ่งเมื่อเกิดการปนเปื้อนจะส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว โดยการประมาณการค่าความเสียหายสามารถประเมินจากค่าชดเชยหรือค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้จากการท่องเที่ยว ดังสมการ

ค่าชดเชยหรือค่าเสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ = รายได้จากการท่องเที่ยว/ปี (บาท) x จำนวนปีที่เสียโอกาสจากการสูญเสียรายได้ (ปี)

๕) ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการปนเปื้อนในน้ำผิวดินเกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย

๕.๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้น

กรณีที่การปนเปื้อนมลพิษทางน้ำใต้ดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในแบบเฉียบพลันหรือเรื้อรังในแบบไม่ก่อมะเร็ง อาจพิจารณาประเมินค่าความเสียหายจากค่าตรวจวินิจฉัย ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้นทั้งที่เป็นค่าใช้จ่ายจริงหรือค่าใช้จ่ายที่ประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพและต้นทุนค่าตรวจวินิจฉัยและค่ารักษาพยาบาล รวมทั้งค่าดูแลระหว่างพักฟื้น (ถ้ามี) ซึ่งจะรวมถึงค่าจ้างผู้ดูแลและค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	=	จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	=	จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	=	ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

หมายเหตุ *ค่าวินิจฉัยโรคและค่ารักษาพยาบาลสามารถสืบค้นจากอัตราค่าบริการสาธารณสุขที่กำหนดโดยกรมบัญชีกลาง (รวบรวมและเผยแพร่โดยสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (https://www.nhso.go.th/go/download/9) ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดราคากลาง สามารถใช้ราคาเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในการตรวจวินิจฉัยและรักษาพยาบาลที่ครอบคลุมการรักษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องใน*

สถานพยาบาลเป็นราคาเฉลี่ยต่อราย ซึ่งโรคหรือการเจ็บป่วยดังกล่าวต้องมีที่มาที่สอดคล้องกับเหตุมลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

๕.๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ

กรณีสารก่อมะเร็งสามารถประเมินจำนวนผู้ที่อาจได้รับผลกระทบในตลอดช่วงชีวิต (๗๐ ปี) จากกระบวนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Health Risk Assessment) ซึ่งจะได้เป็นอัตราจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรล้านคน (10^{-6}) หรือจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรต่อแสนคน (10^{-5}) จากนั้นให้เทียบเคียงกับจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่ปนเปื้อนและบ่งชี้จำนวนผู้ป่วยที่อาจพบ และสืบค้นค่ารักษาพยาบาลจากการเกิดมะเร็งต่อรายผู้ป่วยและคำนวณเป็นค่าเสียหายได้ ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	=	จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	=	จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	=	ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๕.๓) ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการที่ไม่ได้ทำงาน

เป็นต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงหรือทำงานไม่ได้อันเกิดจากการเจ็บป่วยจากเหตุมลพิษ ดังสมการ

ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการไม่ได้ทำงาน	= ค่าจ้างรายวันที่ควรได้รับ (บาท) x จำนวนวันที่ไม่ได้ทำงาน (วัน)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๔.๒.๔ คุณภาพอากาศและเสียง

๑) คุณภาพอากาศและเสียงเสื่อมโทรม

๑.๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการประเมินขอบเขตและขนาดหรือระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนมลพิษทางอากาศ ซึ่งสามารถประมาณการได้จากค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์อากาศปนเปื้อน ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) x จำนวนคน (คน) x จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป – กลับ (บาท/คน) x จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก

	(คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ))
ค่าวิเคราะห์อากาศปนเปื้อน	= ค่าวิเคราะห์อากาศปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตย.)
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง)
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่างอากาศ/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว)
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

๑.๒) การป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์

มลพิษทางอากาศ ไม่ว่าจะเป็น ฝุ่น ควัน และกลิ่นเหม็น ตลอดจนสารเคมีอันตรายจากโรงงาน/สถานประกอบการ/กิจกรรมต่าง ๆ หรืออุบัติภัยจากสารเคมี ล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ การคำนวณมูลค่าความเสียหายจากผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ จะต้องพิจารณาถึงการป้องกันไม่ให้เกิดการรับสัมผัส ได้แก่ การติดตั้งระบบกรองอากาศในห้องหรืออาคาร หรือการติดตั้งกำแพงกั้นเสียงในตัวอาคารหรือบริเวณถนนที่ผ่านชุมชนหรือแหล่งที่พักอาศัย เป็นต้น และการป้องกันการแพร่กระจายของมลพิษจากแหล่งกำเนิดออกสู่ภายนอก ได้แก่ การติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วย

๑.๒.๑) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบกรองอากาศ ดังสมการ

ค่าติดตั้งเครื่องกรองอากาศในห้อง	=	ค่าเครื่องกรองอากาศและค่าติดตั้งต่อเครื่อง X จำนวนเครื่องต่อห้อง X จำนวนห้อง
ค่าติดตั้งระบบกรองอากาศในอาคาร	=	ค่าลงทุนระบบกรองอากาศและค่าติดตั้งต่อระบบ X จำนวนระบบต่ออาคาร X จำนวนอาคาร

๑.๒.๒) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกำแพงกั้นเสียง ดังสมการ

ค่าติดตั้งกำแพงกั้นเสียง	=	ค่าลงทุนกำแพงกั้นเสียงต่อตารางเมตร (บาท) X จำนวนพื้นที่ (ตารางเมตร)

๑.๒.๓) ค่าติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศที่โรงงาน/สถานประกอบการ/บริเวณได้รับผลกระทบ

จะต้องพิจารณาถึงปริมาณและคุณสมบัติของสารมลพิษทางอากาศ เพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการบำบัด โดยที่ราคาค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศ ขึ้นกับพารามิเตอร์หรือมลพิษที่ตรวจวิเคราะห์ ค่าบำบัดมลพิษทางอากาศจะพิจารณาตามปริมาณและความยุ่งยากของวิธีการบำบัด โดยจะต้องประมาณการค่าใช้จ่ายจากค่าออกแบบระบบ (Design Cost) ค่าก่อสร้างและค่าลงทุนจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือระบบบำบัด (Construction and

Capital Cost) และทดลองเดินระบบ (Testrun Cost) ค่าเดินและบำรุงรักษาระบบ (Operation and Maintenance Cost) รวมถึงค่าแรงพนักงานที่เกี่ยวข้อง ดังสมการ

ค่าวิเคราะห์สารมลพิษที่ระบาย	= ค่าวิเคราะห์สารมลพิษที่ระบาย/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ (ชนิด) x จำนวนตัวอย่าง (ตัวอย่าง)
ค่าระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ	= ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ (บาท) + ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและการจัดซื้อพร้อมติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือและทดลองเดินระบบ (บาท) + [ค่าใช้จ่ายในการเดินและการบำรุงรักษาระบบต่อปี (บาท) x จำนวนปี]

ค่าแรงพนักงานในการออกแบบ/ก่อสร้าง/ติดตั้ง/ทดลอง/เดินและการบำรุงรักษา	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวันทำงาน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน)
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน)

<u>หมายเหตุ</u> *ราคากลางของการติดตั้งระบบบำบัดอากาศจะอ้างอิงตามประกาศคณะกรรมการราคากลางและขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการกำหนดราคากลางงานก่อสร้าง ฉบับที่ ๕ ลงวันที่ ๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๕ หรือฉบับล่าสุด*

๑.๓ ค่าใช้จ่ายในการติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดมลพิษทางอากาศ

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการจัดส่งเจ้าหน้าที่ออกไปติดตามตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระหว่างการบำบัดฟื้นฟูน้ำผิวดิน ซึ่งประกอบด้วย ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศ ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ ค่าแรงพนักงานขนส่ง และค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) x จำนวนคน (คน) x จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป – กลับ (บาท/คน) x จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ)) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศเคลื่อนที่	= ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายสถานีตรวจวัดอากาศเคลื่อนที่/ค่าน้ำมัน (บาท) + [ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบต่อปี (บาท) x จำนวนปี]
ค่าตรวจวิเคราะห์คุณภาพอากาศด้วย	= ค่าจัดหาเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ x ค่าบำรุงรักษาสถานีตรวจวัด/ครั้ง

เครื่องมือตรวจวิเคราะห์แบบพกพา	(บาท)
ค่าวิเคราะห์สาร/มลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศ	= ค่าวิเคราะห์อากาศปนเปื้อน/พารามิเตอร์/ตัวอย่าง (บาท) x จำนวนพารามิเตอร์ x จำนวนตัวอย่าง x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (อาทิ กระดาษกรอง คานิสเตอร์)	= จำนวนตัวอย่าง x จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์/ตัวอย่าง) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าขนส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์	= ค่าขนส่งตัวอย่าง/เที่ยว (บาท) x จำนวนเที่ยวขนส่ง (เที่ยว) x จำนวนครั้ง/ปี x จำนวนปี
ค่าแรงงานพนักงานขนส่ง	= ค่าแรงงาน/วัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี X จำนวนปี
ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล	= ค่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล/คน (บาท) x จำนวนพนักงาน (คน) x จำนวนครั้ง/ปี X จำนวนปี

๒) ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากมลพิษทางอากาศและเสียง ทำให้เกิดการเจ็บป่วยต้องได้รับการรักษาและเสียโอกาสในการทำงานเนื่องจากการเจ็บป่วย การประเมินความเสียหายจึงประกอบด้วย

๒.๑) ค่าใช้จ่ายในการตรวจวินิจฉัยโรค ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้น

กรณีที่การปนเปื้อนมลพิษทางน้ำใต้ดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพในแบบเฉียบพลันหรือเรื้อรังในแบบไม่ก่อมะเร็ง อาจพิจารณาประเมินค่าความเสียหายจากค่าตรวจวินิจฉัย ค่ารักษาพยาบาล และค่าดูแลระหว่างการพักฟื้นทั้งที่เป็นทั้งค่าใช้จ่ายจริงหรือค่าใช้จ่ายที่ประเมินจากความเสี่ยงต่อสุขภาพและต้นทุนค่าตรวจวินิจฉัยและค่ารักษาพยาบาล รวมทั้งค่าดูแลระหว่างพักฟื้น (ถ้ามี) ซึ่งจะรวมถึงค่าจ้างผู้ดูแลและค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูและระหว่างพักฟื้น ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

หมายเหตุ *ค่าวินิจฉัยโรคและค่ารักษาพยาบาลสามารถสืบค้นจากอัตราค่าบริการสาธารณสุขที่กำหนดโดยกรมบัญชีกลาง (รวบรวมและเผยแพร่โดยสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (https://www.nhso.go.th/go/download/9) ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดราคากลาง สามารถใช้ราคาเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในการตรวจวินิจฉัยและรักษาพยาบาลที่ครอบคลุมการรักษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องในสถานพยาบาลเป็นราคาเฉลี่ยต่อราย ซึ่งโรคหรือการเจ็บป่วยดังกล่าวต้องมีที่มาที่สอดคล้องกับเหตุมลพิษที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ*

๒.๒) ค่าเสียหายจากการเกิดมะเร็งจากเหตุมลพิษ

กรณีมลพิษเป็นสารก่อมะเร็ง สามารถประเมินจำนวนผู้ที่อาจได้รับผลกระทบในตลอดช่วงชีวิต (๗๐ ปี) จากกระบวนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ (Human Health Risk Assessment) ซึ่งจะได้เป็นอัตราจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรล้านคน (10^{-6}) หรือจำนวนคนเป็นมะเร็งต่อประชากรต่อแสนคน (10^{-5}) จากนั้นให้เทียบเคียงกับจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่ปนเปื้อนและบ่งชี้จำนวนผู้ป่วยที่อาจพบ และสืบค้นค่ารักษาพยาบาลจากการเกิดมะเร็งต่อรายผู้ป่วยและคำนวณเป็นค่าเสียหายได้ ดังสมการ

ค่าตรวจวินิจฉัย	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่าตรวจวินิจฉัยต่อราย (บาท)
ค่ารักษาพยาบาล	= จำนวนผู้ป่วย (ราย) x ค่ารักษาพยาบาลต่อราย (บาท)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= [ค่าจ้างผู้ดูแลรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๒.๓) ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการที่ไม่ได้ทำงาน

เป็นต้นทุนที่เกิดจากการที่ศักยภาพในการทำงานน้อยลงหรือทำงานไม่ได้อันเกิดจากการเจ็บป่วยจากเหตุมลพิษ ดังสมการ

ค่าเสียโอกาสหรือค่าชดเชยจากการไม่ได้ทำงาน	= ค่าจ้างรายวันที่ควรได้รับ (บาท) x จำนวนวันที่ไม่ได้ทำงาน (วัน)
ค่าดูแลระหว่างพักฟื้น	= ค่าจ้างผู้ดูแล (ถ้ามี) [ค่าจ้างรายวัน (บาท) x จำนวนวัน (วัน)] + ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในการดูแลระหว่างพักฟื้น

๓) ผลกระทบต่อมูลค่าอสังหาริมทรัพย์และการย้ายถิ่นฐานเนื่องจากคุณภาพอากาศแย่ลงจนไม่สามารถอยู่อาศัยได้ ประกอบด้วย

๓.๑) ค่าชดเชยในส่วนที่มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ลดลง ดังสมการ

ค่าชดเชยในส่วนที่มูลค่าอสังหาริมทรัพย์ลดลง	= [ราคาอสังหาริมทรัพย์ต่อหลัง$_{\text{ก่อนเกิดเหตุ}}$ (บาท) – ราคาอสังหาริมทรัพย์ต่อหลัง$_{\text{หลังเกิดเหตุ}}$ (บาท)] x จำนวนอสังหาริมทรัพย์ (หลัง)

๓.๒) ค่าชดเชย/ค่าเวนคืนในการย้ายที่พักอาศัย ดังสมการ

ค่าย้ายที่พักอาศัย	=	ค่าชดเชย/ค่าเวนคืนที่ดิน/ไร่ (บาท) x จำนวนไร่

๓.๓) ค่าย้ายที่พักอาศัย (ชั่วคราว) ดังสมการ

ค่าขนย้าย	= ค่าเช่ารถขนส่ง (บาท/คัน/วัน) x จำนวนรถ (คัน) x จำนวนวัน (วัน)
ค่าที่พัก	= ค่าเช่าที่พัก/ค่าจัดตั้งที่พักชั่วคราว (บาท/วัน หรือ บาท/หลัง) x จำนวนห้อง/ที่พักชั่วคราว (ห้อง หรือ หลัง) x จำนวนวัน (วัน)

๔.๒.๕ ทรัพยากรป่าไม้

๑) ป่าไม้เสียหายจากการปนเปื้อนมลพิษ

ระบบนิเวศป่าไม้ประกอบด้วยองค์ประกอบของ ๒ ส่วน ได้แก่ (๑) โครงสร้าง (structure) หรือปัจจัยต่างๆ ที่ประกอบตัวกันเป็นป่าไม้ คือ (๑.๑) ปัจจัยภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ น้ำฝน พลังงานจากดวงอาทิตย์ และ (๑.๒) ปัจจัยภายใน ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดของดิน และประเภทพืชปกคลุมดินและ (๒) บริการ (Services) ที่ป่าไม้เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ประชาชน ประกอบด้วย ๕ ส่วน (๒.๑) การให้ผลผลิตที่เป็นเนื้อไม้ หรืออาหารจากพืชป่าและสัตว์ป่า (๒.๒) การควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำให้กับลำธารในพื้นที่ที่อยู่ท้ายน้ำลงไป (๒.๓) การบรรเทาความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ การดูดซับและการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (๒.๔) การเป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และ (๒.๕) การเป็นสถานที่พักผ่อน

การประเมินค่าเสียหายจากการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้จะเป็นการเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายทั้งในส่วนของโครงสร้าง คือ ดิน น้ำ และปุ๋ยสูญหาย อันเนื่องมาจากกระบวนการพังทลายของดิน และผลกระทบในส่วนที่เป็นบริการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร อุณหภูมิอากาศ และการดูดซับเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าไม้ โดยสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาประเมินค่าผลกระทบด้านต่าง ๆ ได้ดังนี้

๑.๑) ค่าใช้จ่ายในการบ่งชี้ขนาดและขอบเขตของการปนเปื้อนและความเสียหาย

เป็นการประมาณการค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการประเมินขอบเขตและขนาดหรือระดับความรุนแรงจากการสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งสามารถประมาณการได้จากค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัดของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ดังสมการ

ค่าออกปฏิบัติราชการต่างจังหวัด	= (ค่าเบี้ยเลี้ยง (บาท/คน/วัน) X จำนวนคน (คน) X จำนวนวัน (วัน)) + ค่าน้ำมัน (บาท) + (ค่าแท็กซี่ไป – กลับ (บาท/คน) X จำนวนคน (คน)) + (ค่าที่พัก (บาท/คน/คืน) x จำนวนเจ้าหน้าที่ (คน) x จำนวนคืนที่พัก (คืน)) + (ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด อาทิ ค่าผ่านทางพิเศษ (ไป – กลับ))
ค่าอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง (อาทิ สายวัดสายยางวัดระดับน้ำ เครื่องวัดค่าพิกัดดาวเทียม (GPS))	= จำนวนอุปกรณ์ x ราคาอุปกรณ์ (บาท/อุปกรณ์)

๑.๒) ผลกระทบระบบนิเวศป่าไม้ ในส่วนที่เป็นผลผลิตจากป่าไม้ที่เป็นเนื้อไม้ ของป่า อาหารป่าจากพืชและสัตว์ และส่วนที่เป็นบริการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร อุณหภูมิอากาศ และการดูดซับเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถใช้แบบจำลองมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้ที่พัฒนาโดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชและกรมป่าไม้ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลผลกระทบจากการทำลายป่าไม้ ประกอบด้วย (๑) การสูญเสียผลผลิตในรูปเนื้อไม้ที่ใช้ประโยชน์ (๒) การสูญเสียดินอันเนื่องมาจากการกัดชะพังทลาย (๓) การสูญเสียธาตุไนโตรเจน (๔) การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส (๕) การสูญเสียธาตุโพแทสเซียม (๖) การสูญเสียระบบควบคุมการดูดซับระบายน้ำ (๗) อากาศที่ร้อนขึ้น (๘) การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้ข้อมูลความสมบูรณ์ของป่า ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นดินโดยเรือนยอด จำนวนชั้นเรือนยอด พื้นที่หน้าตัดลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ ความลึกของชั้นดิน และข้อมูลสภาพแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปี ดังสมการ

$$BDV = a * (b + c(CC * CS))^{d} * (e + f(BA * SD))^{g}$$

โดย BDV คือ ค่าความหลากหลายทางชีวภาพ

CC คือ เปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นที่ของเรือนยอด

CS คือ จำนวนชั้นเรือนยอดของต้นไม้ในป่า

BA คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดลำต้นของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่

SD คือ ความลึกของชั้นดิน

a, b, c, d, e, f, และ g เป็นค่าสัมประสิทธิ์ แทนค่าข้อมูลระบบนิเวศป่าไม้ ๕ ชนิด ตามสมการ ดังนี้

$$BDV = 0.45[(10.46+0.11(CC\times CS))^{0.62} \times (25.16+45.26(BAXSD))^{0.59}]$$

โดยมีขั้นตอนการประเมินด้วยแบบจำลองผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าไม้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑ นำเข้าข้อมูลเพื่อประเมินค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ ดังสมการข้างต้น

ขั้นตอนที่ ๒ นำเข้าข้อมูลน้ำฝนรายปี และค่าคะแนนปัจจัยภูมิประเทศที่ประยุกต์มาจาก Natural Resources Conservation Services หรือ NRCS แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

ขั้นตอนที่ ๓ ประเมินค่าผลกระทบ โดยการเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ป่าไม้ถูกทำลาย ทั้งในส่วนที่เป็นโครงสร้าง คือ ดิน น้ำ และปุ๋ยสูญหาย อันเนื่องมาจากกระบวนการพังทลายของดิน และผลกระทบในส่วนที่เป็นบริการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร อุณหภูมิอากาศ และการดูดซับเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ โดยแบบจำลองจะนำข้อมูลทั้งหมดมาประเมินค่าผลกระทบด้านต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ ๔ ประเมินค่าเป็นจำนวนเงิน ด้วยวิธีการ Cost Replacement Method รายละเอียดดัง **ภาคผนวก ข**

ทั้งนี้ มูลค่าความเสียหายต่อทรัพยากรป่าไม้ในด้านการเป็นแหล่งเรียนรู้ธรรมชาติและการเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ที่ไม่สามารถใช้แนวทางการประเมินมูลค่าแบบ Market-based ได้ อาจใช้แนวทางการประเมินมูลค่าด้วยวิธีสังเกตความพึงพอใจที่เปิดเผย (Revealed preference techniques) อาทิ วิธีต้นทุนการเดินทาง (Travel Cost Method) หรือแนวทางการประเมินมูลค่าด้วยวิธีการวัดความพึงพอใจโดยตรง (Stated preference approaches) อาทิ วิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประเมินค่า (Contingent Value Method: CVM) หรือวิธีถ่ายโอนมูลค่า (Benefit Transfer Method) มาใช้ได้ หากไม่มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาหรืองบประมาณ

นอกจากนี้ หากความเสียหายต่อทรัพยากรป่าไม้มีระยะเวลายาวนานกว่าที่จะฟื้นคืนกลับสู่สภาพเดิม ควรพิจารณาค่าเสียโอกาสของระบบนิเวศป่าไม้ในการให้ผลผลิตและการบริการตามระยะเวลาที่สูญเสียไปด้วย ดังสมการ

ค่าเสียโอกาส	= มูลค่าความเสียหายต่อปี (บาท/ปี) x จำนวนปีที่สูญเสียทรัพยากรป่าไม้ (ปี)

๔.๒.๖ บทสรุป

วิธีการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของทรัพยากรดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และป่าไม้ ที่เสนอแนะในหัวข้อ ๔.๒ ใช้แนวทางการประเมินมูลค่าผ่านกลไกการตลาด (Market-based approaches) เป็นหลัก ทั้งวิธีที่อาศัยราคาตลาด (Market price-based approaches) วิธีประเมินโดยใช้ต้นทุน (Cost-based Approaches) และวิธีประเมินจากบทบาทในการผลิต (Production Function-based Approaches) เนื่องจากสามารถหาราคาอ้างอิงในการคำนวณได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ผลกระทบต่อทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ประเมินจากแนวทางดังกล่าวอาจครอบคลุมเพียงด้านการเป็นแหล่งผลิต ด้านการควบคุม และด้านสนับสนุนการดำรงชีพของของมนุษย์และสรรพสัตว์ ส่วนผลกระทบด้านวัฒนธรรม อาทิ การท่องเที่ยว สุนทรียภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ ทรัพย์สิน ทางประวัติศาสตร์ ที่ไม่สามารถใช้แนวทางการประเมินมูลค่าแบบ Market-based ได้ และหากไม่มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาหรืองบประมาณอาจใช้แนวทางการประเมินมูลค่าด้วยวิธีสังเกตความพึงพอใจที่เปิดเผย (Revealed preference techniques) อาทิ วิธีต้นทุนการเดินทาง (Travel Cost Method) หรือแนวทางการประเมินมูลค่าด้วยวิธีการวัดความพึงพอใจโดยตรง (Stated preference approaches) อาทิ วิธี Contingent Value Method มาใช้ได้ นอกจากนี้ หากไม่สามารถดำเนินการประเมินมูลค่าด้วยวิธีที่ดังกล่าวเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและงบประมาณ อาจพิจารณาใช้วิธีการโอนย้ายมูลค่า (Benefit Transfer: BT) จากการศึกษามูลค่าสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในการประเมินมูลค่าได้ ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีต่าง ๆ แสดงดัง**ภาคผนวก ค**

เอกสารอ้างอิง

บริษัท กรีน วอเทอร์ ทรีท จำกัด. (๒๕๕๘). *การบำบัดน้ำเสียชีวภาพ.* แหล่งอ้างอิง: https://www.greenwatertreat.com/๑๕๔๖๘๔๑๐/ สืบค้นเมื่อวันที่ ๙ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖.

สันติ แสงเลิศไสว. (๒๕๖๕). *การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: วิธีวัดความพึงพอใจโดยตรง (Economic Valuation for Natural Resources and Environment: Stated Preference Method).* คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมหญิง ทัฬหิกรณ์. (๒๕๖๔). *โครงการประเมินมูลค่าบางประการของสัตว์ป่าทางเศรษฐศาสตร์: กรณีศึกษานกแว่นสีเทาเพื่อเป็นต้นแบบ ในการประเมินมูลค่าสัตว์ป่า ตาม พรบ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. ๒๕๖๒.* หน้า ๑๐๙ -๑๒๕. ใน ผลงานวิจัยและ รายงานความก้าวหน้างานวิจัย ประจำปี 2563. กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและ พันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

อดิศร์ อิสรางกูร ณ อยุธยา. (๒๕๔๒). *การประเมินมูลค่าสิ่งแวดล้อม: คืออะไร ทำอย่างไร และทำเพื่อใคร.* คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ, อันดับที่ ๓๒๗๙.

DEFRA. (2002). Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies. *Remediation of Contaminated Land Technology Implementation in Europe.* Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA), Federal Environment Agency. Austria.

FAO. (2015). *Revised World Soil Charter*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Retrieved on 17 January 2023 from URL: http://www.fao.org/3/ a-i4965e.pdf.

Kaliampakos, D.; Damigos, D.; Karachaliou, T. (2007). *Using the "dry-tomb" technique in the remediation of heavily contaminated land.* Proceedings of the 10th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production (SWEMP 2007) on 11–13 December 2007 at Bangkok, Thailand. pp. 375–389.

Lohani, B., J.W. Evans, H. Ludwig, R.R. Everitt, Richard A. Carpenter, and S.L. Tu. (1997). *Environmental Impact Assessment for Developing Countries in Asia, 1,* pp. 356.

MA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). *Ecosystems and Human Well-being*: Synthesis. Island Press, Washingon, DC.

MITR WATER. (๒๕๖๕). น้ำผิวดินคืออะไร. แหล่งอ้างอิง https://mitrwater.com/ what -is-surface-water/ สืบค้นเมื่อวันที่ ๙ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖.

Pascual, U., Muradian, R., Brander, L. Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Verma, M., Armsworth, P., Christie, M., Cornelissen, H., Eppink, F., Farley, J., Loomis, J., Pearson, L., Polasky, S., (2010). *TEEB: the Ecological and Economic Foundations - Chapter 5 – The*

economics of valuing ecosystem services and biodiversity. TEEB Publication. http://www.teebweb.org/wpcontent/uploads/2 0 1 3 / 0 4 / D0 -Chapter-5 -The-economics-of-valuing-ecosystem-services-andbiodiversity.pdf

Pierzynski, G.M., Sims, J.T. & Vance, G.F. (2005). *Soils and Environmental Quality*. 2nd edition. Boca Raton, CRC Press. pp. 459.

Quah, E. and T. S. Tan. (2019). *Valuing the Environment*. ADBI Working Paper 1012. Tokyo: Asian Development Bank Institute. Available: https://www.adb.org/publications/valuingenvironment

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. and Pennock, D. (2018). *Soil Pollution: a hidden reality*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. pp. 142.

Scullion, J. (2006). *Remediating Polluted Soils*. Naturwissenschaften, 93(2): 51–65. https://doi.org/ 10.1007/s00114-005-0079-5.

United States Environmental Protection Agency (US.EPA.). (2000). *A Guide to Developing and Documenting Cost Esstimates During the Feasibility Study*. EPA 540-R-00-002.

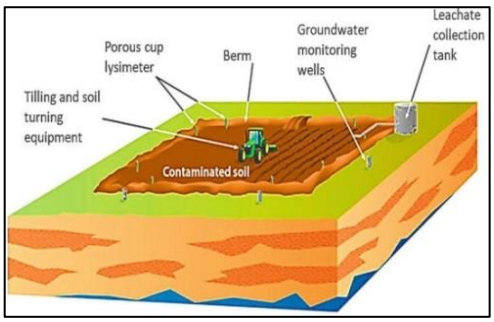
United States Environmental Protection Agency (US.EPA.). (1989). *Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals)*. Interim. Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/R-92/003.

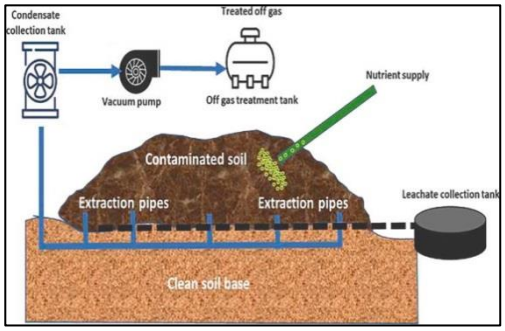
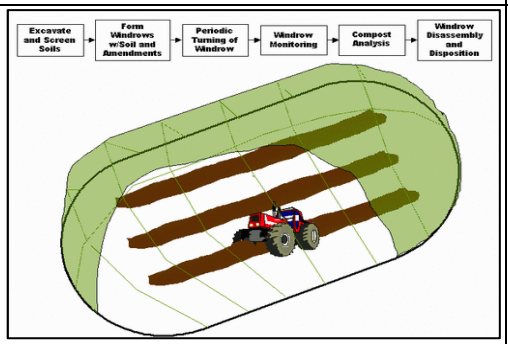
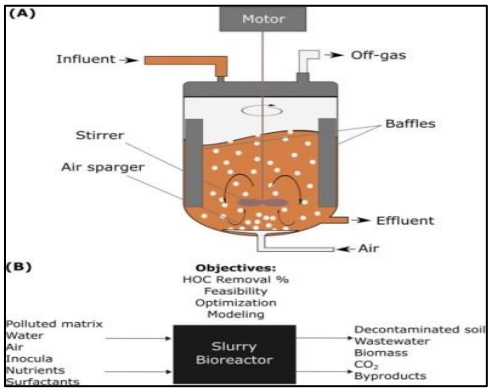
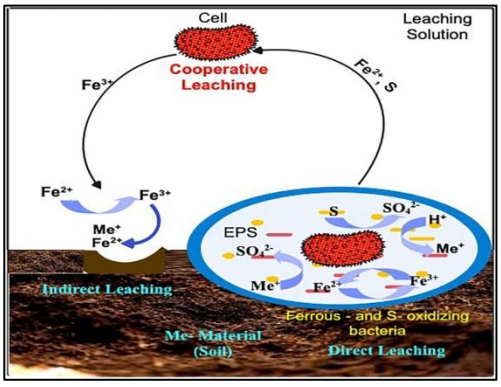
World Bank. (1994). *Chile: Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues.* Report No.13061-CH. Washington: World Bank.

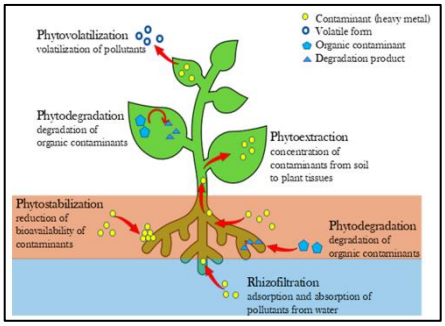
World Bank. (1998). *Environmental Assessment Sourcebook Update: Economic Analysis and Environmental Assessment*. April 1998 No. 23. Washington: World Bank.

ภาคผนวก ก
เทคนิคการบำบัดฟื้นฟูดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดิน

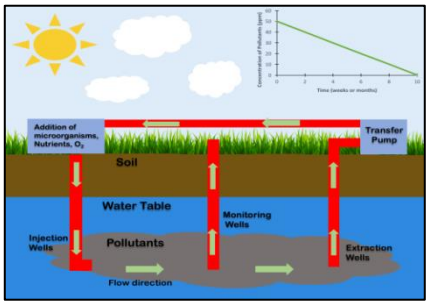
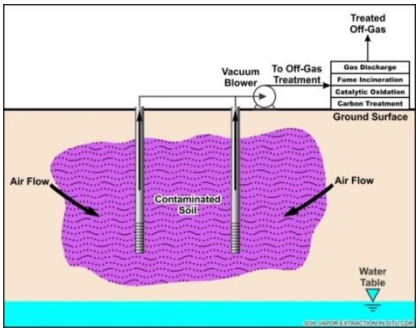
ตารางที่ ๑ แสดงเทคนิคการบำบัดฟื้นฟูดินปนเปื้อนด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

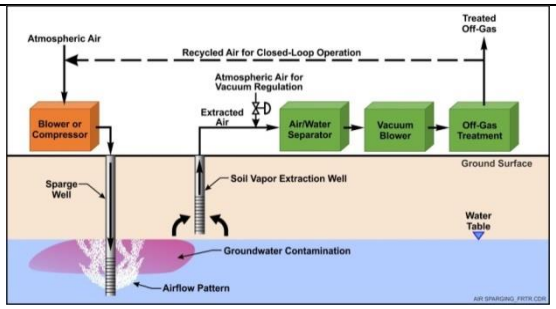
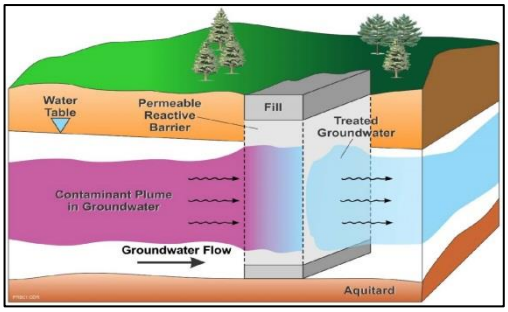
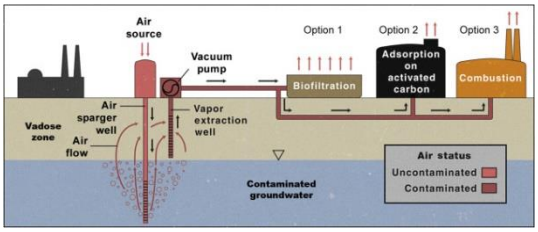
เทคนิคการบำบัดฟื้นฟู	การทำลาย/ย่อยสลาย	การแยกส่วน	การสกัด	การทำให้เสถียร
กระบวนการทางกายภาพ				
การใช้ความร้อน	√		√	
การทำให้เป็นก้อนแข็ง	(√)			√
การดึงไอระเหยออกจากดิน			√	
การอัดอากาศ	(√)		√	
การล้าง/การดูดขึ้นมาบำบัด	(√)		√	
การบำบัดโดยใช้ไฟฟ้า	(√)		√	
การแยกส่วนอนุภาค		√		
กระบวนการทางเคมี				
การใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น	√		√	√
การใช้ปฏิกิริยารีดักชั่น	(√)		√	
การใช้ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	√		√	
การละลาย	(√)			
การขจัดคลอรีน	(√)			
การปรับปรุงค่า pH	(√)		√	√
กระบวนการทางชีวภาพ				
การใช้จุลินทรีย์				
การปรับปรุงดินแบบ Landfarming ที่มา: https://www.intechopen.com/chapters/80304 	√		(√)	√

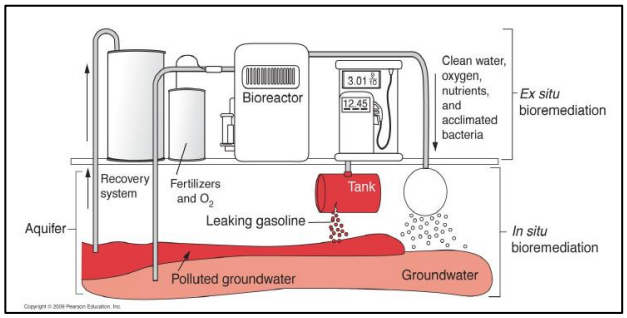
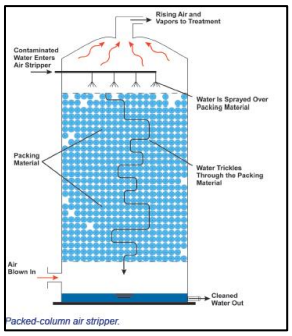
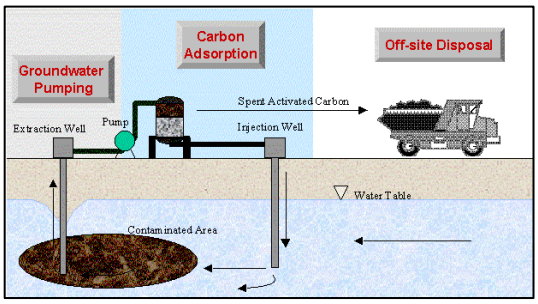
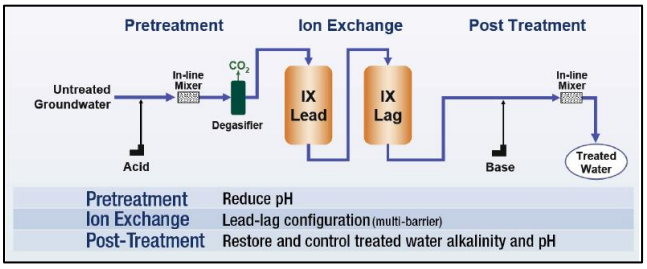
เทคนิคการบำบัดฟื้นฟู	การทำลาย/ย่อยสลาย	การแยกส่วน	การสกัด	การทำให้เสถียร
การกำจัดสารอันตรายแบบ Biopiling (กองดินและใช้จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย)  ที่มา: https://www.intechopen.com/chapters/80304	√		(√)	√
การทำปุ๋ยหมัก (Composting)  ที่มา: http://learnbioremediation.weebly.com/composting.html	√		(√)	√
การใช้ถังหมักชีวภาพ (Bioreactor)  ที่มา: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030438941730434X	√			(√)
การชะละลายทางชีวภาพ (Bioleaching)  ที่มา: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.1049277/full			√	

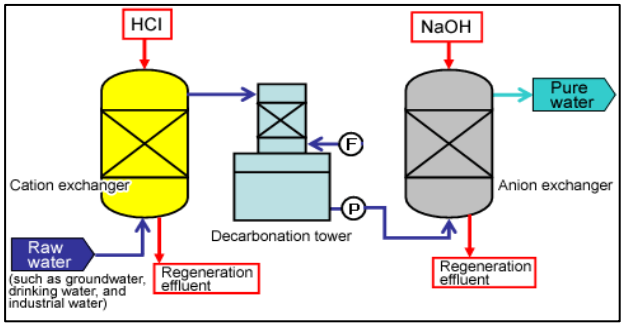
เทคนิคการบำบัดฟื้นฟู	การทำลาย/ย่อยสลาย	การแยกส่วน	การสกัด	การทำให้เสถียร
การฟื้นฟูดินโดยใช้พืช				
การตรึงสารโดยใช้พืช (Phytostabilisation) การดึงสารโดยใช้พืช (Phytoextraction) การย่อยสลายสารโดยใช้พืช (Phytodegradation) 	(√) (√) √		(√) √ (√)	√ (√) (√)
ที่มา: https://www.mdpi.com/2076-3417/10/10/3528				

ตารางที่ ๒ แสดงแนวทางการฟื้นฟูน้ำใต้ดินทั้งในและนอกพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน

วิธีการ	รายละเอียดกระบวนการ
๑. แนวทางการฟื้นฟูน้ำใต้ดินโดยตรงบริเวณพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน (In-situ)	
In situ bioremediation	การย่อยสลายทางชีวภาพของสารมลพิษโดยจุลินทรีย์  ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/In_situ_bioremediation
Soil vapor extraction	การระเหยของสารมลพิษที่ปนเปื้อนบริเวณชั้นน้ำไม่อิ่มตัว (vadose zone)  ที่มา: https://frtr.gov/matrix/Soil-Vapor-Extraction/
Air sparging	การระเหยของสารมลพิษที่ปนเปื้อนบริเวณชั้นน้ำอิ่มตัว (saturated zone)

วิธีการ	รายละเอียดกระบวนการ
	 ที่มา: https://frtr.gov/matrix/Air-Sparging/
Permeable reaction barriers (PRB)	การย่อยสลายทางกายภาพหรือชีวภาพของสารมลพิษบริเวณตัวกลางกั้นขวาง  ที่มา: https://frtr.gov/matrix/Permeable-Reactive-Barriers/
Vacuum vapor extraction	การระเหย (ภายในหลุมเจาะ) ของสารมลพิษที่ปนเปื้อนบริเวณดินอิ่มน้ำ  ที่มา: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128147191000197
๒. การฟื้นฟูน้ำใต้ดินนอกสถานที่ที่มีการปนเปื้อน (Ex-situ)	

วิธีการ	รายละเอียดกระบวนการ
Ex situ bioremediation	การย่อยสลายทางชีวภาพของสารมลพิษโดยใช้จุลินทรีย์  ที่มา: Pearson Education, Inc., 2009
Air stripping	การระเหยของสารมลพิษ  ที่มา: https://semspub.epa.gov/work/HQ/401577.pdf
Carbon adsorption	การดูดซับสารมลพิษโดยใช้ผงถ่านกัมมันต์  ที่มา: https://frtr.gov/matrix2/section2/2_4_5.html
Ion exchange	การแลกเปลี่ยนประจุกันระหว่างสารมลพิษกับเรซินชนิด ion exchange  ที่มา: https://clu-in.org/download/techfocus/perchlorate-er-201168-fr.pdf

วิธีการ	รายละเอียดกระบวนการ
Membrane	การใช้เยื่อเลือกผ่าน หรือเยื่อที่มีรูพรุนขนาดต่าง ๆ ในการกรอง หรือแยกสารมลพิษ  ที่มา: https://power.mhi.com/group/es/products/rainwater/exchanger/2b3t

ตารางที่ ๓ แสดงระบบบำบัดน้ำผิวดินปนเปื้อนทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ

วิธีการ	รายละเอียดกระบวนการ
ระบบบำบัดทางกายภาพ	
ตะแกรงดักจับ (Screen)	ใช้ดักเศษขยะต่างๆ จากน้ำ เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ
การกำจัดตะกอนหนัก(Grit Removal)	ใช้กำจัดพวกกรวด หิน ทราย หรือตะกอนต่างๆ
การทำให้ลอย (Flotation)	ใช้กำจัดตะกอนออกจากน้ำด้วยวิธีทำให้ตะกอนต่าง ๆ ในลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ
การลอยด้วยอากาศละลาย (Dissolved-air Flotation) การลอยตัวด้วยอากาศ (Air Flotation) การลอยตัวด้วยสุญญากาศ (Vacumm Flotation)	การเติมอากาศเพื่อให้สารหรือของเสียลอยสู่บริเวณชั้นบนของผิวน้ำ เพื่อทำการกวาดตะกอนลอยทิ้ง วิธีนี้นิยมใช้กับตะกอนประเภทที่ยากต่อการตกตะกอน เช่น พวกไขมันสัตว์ เป็นต้น
การกรอง (Filtration)	ใช้ลดค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย (TSS) และค่า (BOD)
การไล่ไอระเหยสารอินทรีย์ระเหยง่ายด้วยอากาศ (Volatilization and stripping of VOCs)	เป็นการเติมอากาศเข้าไปทำให้สารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่ระเหยได้ง่าย ระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ
การไล่ด้วยอากาศ (Air stripping)	กำจัดแอมโมเนีย ก๊าซไข่เน่า (H_2S) และก๊าซอื่นๆ
ระบบบำบัดทางเคมี	
กระบวนการโคแอกกูเลชั่น	เป็นการบำบัดของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็กให้รวมตัวกันเป็นขนาดใหญ่ที่สามารถตกจม และกำจัดออกไปได้
กระบวนการทำให้เป็นกลางหรือการปรับค่า pH	เป็นการปรับคุณภาพน้ำก่อนนำไปบำบัด
การแลกเปลี่ยนไอออน	เป็นแยกสารต่าง ๆ เช่น สารอินทรีย์ สารพวกกรดอะมิโน เป็นต้น เพื่อให้น้ำเกิดความสะอาด สามารถนำไปบำบัดต่อได้
กระบวนการออกซิเดชั่น – รีดักชั่น	เป็นการเปลี่ยนโลหะหนักที่เป็นพิษมากให้มีความเป็นพิษลดลง
กระบวนการออกซิเดชั่นขั้นสูง (Advanced oxidation)	ใช้กำจัดสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก

วิธีการ	รายละเอียดกระบวนการ
การขจัดเชื้อโรคด้วยสารเคมี (Chemical disinfection)	เป็นฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน โบรมีน โอโซน และควบคุมกลิ่น
<u>ระบบบำบัดทางชีวภาพ</u>	
ระบบโปรยกรอง (Trickling Filters)	เป็นระบบที่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโตอยู่บนผิวตัวกลาง จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Sludge Process)	เป็นวิธีบำบัดน้ำด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน(Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
<u>ระบบบำบัดทางชีวภาพ</u>	
กระบวนการไนตริฟิเคชั่นทางชีวภาพ (Biological Nitrification)	ลดปริมาณแอมโมเนียที่ส่งผลต่อออกซิเจนละลายน้ำและเป็นพิษต่อปลา และควบคุมไนโตรเจนเพื่อป้องกันการเกิดยูโทรฟิเคชั่น
ระบบการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Fermentation)	ใช้ในการบำบัดสารอินทรีย์ที่มีค่าสารอินทรีย์สูงๆ และยังได้พลังงานที่เกิดจากระบบคือก๊าซมีเทน มาใช้ประโยชน์ต่อ
ที่มา: MITR WATER, ๒๕๖๕; บริษัท กรีน วอเทอร์ ทรีท จำกัด, ๒๕๕๘	

ภาคผนวก ข

เอกสารเผยแพร่ที่ ๓/๒๕๕๔ เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้”

ที่ ทส ๐๙๐๘.๒/ 8030

ถึง สำนักทุกสำนัก
สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ ๑-๑๖
สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์สาขาทุกสาขา
กองทุกกอง
สำนักงานผู้ตรวจราชการกรม
กลุ่มตรวจสอบภายใน
กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ขอส่งเอกสารเผยแพร่ที่ ๓/๒๕๕๔ เรื่อง "การพัฒนาแบบจำลองมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้" ของสำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ โดย นายพงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และคณะ มาเพื่อใช้ประโยชน์และเผยแพร่ต่อไป

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
20 พฤษภาคม ๒๕๕๔

สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ
โทร. ๐ ๒๕๖๑ ๐๗๗๗ ต่อ ๑๘๒๑
โทรสาร ๐ ๒๕๖๑ ๐๗๗๗ ต่อ ๑๘๒๑

เอกสารเผยแพร่ที่ 3/2554
พฤษภาคม 2554

ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

การพัฒนาแบบจำลองมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้

โดย
ดร.พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล สำเริง ปานอุทัย โสภา ศิริไพรพรรณ และปัทมา ทิพรส

คำนำ

จากอดีตที่ผ่านมา กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช และกรมป่าไม้ได้คิดและพัฒนาวิธีการประเมินมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้มาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อใช้ประกอบการเรียกค่าเสียหายทางแพ่งจากผู้กระทำความผิดตัดไม้ทำลายป่า ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535 มาตรา 97 นอกจากนี้ยังใช้ประเมินมูลค่าของบริการที่ระบบนิเวศป่าไม้ให้ประโยชน์ต่อมนุษย์ เพื่อรองรับการใช้ Payment for Ecosystem Services หรือ PES (Pagiola and et al., 2004) ในอนาคตอีกด้วย โดยมุ่งเน้นไปที่การสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่นำข้อมูลในพื้นที่เกิดเหตุมาคิดคำนวณ

ปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีช่วยให้การศึกษาวิจัย และการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจำลองเหตุการณ์ (simulation) ต่าง ๆ ซึ่งรวมไปถึงการประเมินค่าผลกระทบจากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ด้วย มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเพื่อให้แบบจำลองเพื่อการประเมินมูลค่าระบบนิเวศป่าไม้ ได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้น และถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม เอกสารฉบับนี้จึงถูกจัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อ (1)พัฒนาแบบจำลองมูลค่าระบบนิเวศป่าไม้ให้สอดคล้องกับคำแนะนำของนักวิชาการจากคณะกรรมการสิทธิมนุษยชน และ (2)นำเสนอแบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าของระบบนิเวศป่าไม้

หลักการคิดคำนวณ

ระบบนิเวศป่าไม้ มีองค์ประกอบ 2 ส่วนด้วยกันคือ (1)โครงสร้าง (structure) หรือ ปัจจัยต่าง ๆ ที่ประกอบตัวกันขึ้นเป็นรูปร่างหน้าตาของป่าไม้ อันได้แก่ (1.1)ปัจจัยภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ คือ น้ำฝน และพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ และ (1.2)ปัจจัยภายใน ซึ่งประกอบไปด้วย ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดดิน และประเภทของพืชคลุมดิน

ส่วนที่ (2)บริการ (services) ที่ป่าไม้เอื้ออำนวยประโยชน์ให้กับประชาชน ที่สำคัญมี 5 ส่วนด้วยกัน คือ (1)การให้ผลผลิตที่เป็นเนื้อไม้ ของป่า และอาหารจากพืชป่าและสัตว์ป่า (2)การควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำให้กับลำธารของพื้นที่ เพื่อลำเลียงให้กับพื้นที่ที่อยู่ท้ายน้ำลงไป (3)การบรรเทาความรุนแรงของอากาศ ที่เป็นผลรวมของการเพิ่มความร้อนให้กับอากาศในระดับ microclimate กับ การดูดซับและเก็บกักก๊าซ CO_2 ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน (4)การเป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และ (5)การเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ

ทั้งสองส่วนนี้เชื่อมโยงกันด้วย การทำงานตามหน้าที่ (function) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาโต้ตอบซึ่งกันและกันระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบด้านโครงสร้างของระบบนิเวศป่าไม้ เช่น การนำน้ำและธาตุอาหารในดินมาสร้างขึ้นเป็นส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยมีพลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกริยา การกินผลไม้ของสัตว์ป่า และการย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดิน เป็นต้น ก่อให้เกิดเป็นกระบวนการขนาดใหญ่ 2 กระบวนการคือ การหมุนเวียนของน้ำและธาตุอาหาร กับการหมุนเวียนของพลังงาน

สำหรับหลักในการคิดคำนวณมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมของป่าไม้นั้น จะอาศัยการเปรียบเทียบบริการที่ประชาชนจะได้รับระหว่างพื้นที่ที่มีป่าไม้ปกคลุม กับพื้นที่ที่ไม่มีป่าไม้ ภายใต้แนวคิดของ เกษม จันทร์แก้ว (2539) ที่ว่า การทำลายป่าเป็นการทำลายโครงสร้างของระบบนิเวศป่าไม้ ทำให้การทำงานตามหน้าที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และส่งผลทำให้การให้บริการของระบบนิเวศกับประชาชนมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ทั้งนี้จากการคัดเลือกบริการ เพื่อกำหนดให้เป็นตัวชี้วัดของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ พบว่า การผลิตอาหาร การควบคุมการดูดซับน้ำฝนของดินกับการระบายน้ำจากชั้นดินให้กับลำธาร และการบรรเทาความรุนแรงของอากาศมีความเหมาะสมมากที่สุด เพราะเป็นข้อมูลที่เก็บวัดได้ง่าย มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง และสามารถอธิบายกระบวนการได้ชัดเจน ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การคัดเลือกบริการเพื่อกำหนดให้เป็นตัวชี้วัดผลกระทบจากการทำลายป่า

ตัวแปร	เก็บวัดง่าย	มีความไว	ชัดเจน	รวม
ผลิตอาหาร (เนื้อไม้, ของป่า, สัตว์ป่า)	2	3	3	8
ควบคุมการดูดซับและระบายน้ำ	2	2	3	7
บรรเทาความรุนแรงอากาศ	2	3	3	8
แหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ	3	1	1	5
แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	3	1	1	5

หมายเหตุ 3 = ดี, 2 = ปานกลาง และ 1 = ไม่ดี
ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด = 6.6
เกณฑ์การพิจารณา
ตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือก จะต้องมีผลรวมของคะแนนทั้งหมดมากกว่าค่าเฉลี่ย

แบบจำลองมูลค่าระบบนิเวศป่าไม้

แบบจำลองมูลค่าระบบนิเวศป่าไม้ มีลักษณะเป็นการต่อยอดแบบจำลองมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล, 2550) ที่ทำการศึกษากับระบบนิเวศป่าไม้ 5 ชนิด บริเวณพื้นที่ต้นน้ำห้วยที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2547-2551 เริ่มต้นจากการนำเข้าข้อมูลเพื่อประเมินค่าความหลากลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ จากสมการที่ (1) และรูปที่ 1

$$BDV = 0.45*(10.46+0.11[CC*CS])^{0.62} * (25.16+45.26\,[BA*SD])^{0.59} \quad ...(1)$$

CC คือ เปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นที่ของเรือนยอด

CS คือ จำนวนชั้นเรือนยอด

BA คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดลำต้นของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่

SD คือ ความลึกของชั้นดิน

(1)การนำเข้าข้อมูลตัวแปร

ข้อมูลความสมบูรณ์ของป่า		หน่วยวัด
เปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นดินโดยเรือนยอด	80	เปอร์เซ็นต์
จำนวนชั้นเรือนยอด	3	จำนวนชั้น
เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดลำต้นต่อหน่วยพื้นที่	0.27	เปอร์เซ็นต์
ความลึกของชั้นดิน	1	เมตร
ค่าคะแนน BDV	35.67	ไม่มีหน่วยวัด
ข้อมูลสภาพแวดล้อม		**หน่วยวัด**
ปริมาณน้ำฝนรายปี	1600	มิลลิเมตร
ค่าคะแนนลักษณะภูมิประเทศ (ดูตารางที่ 1)	30	ไม่มีหน่วยวัด

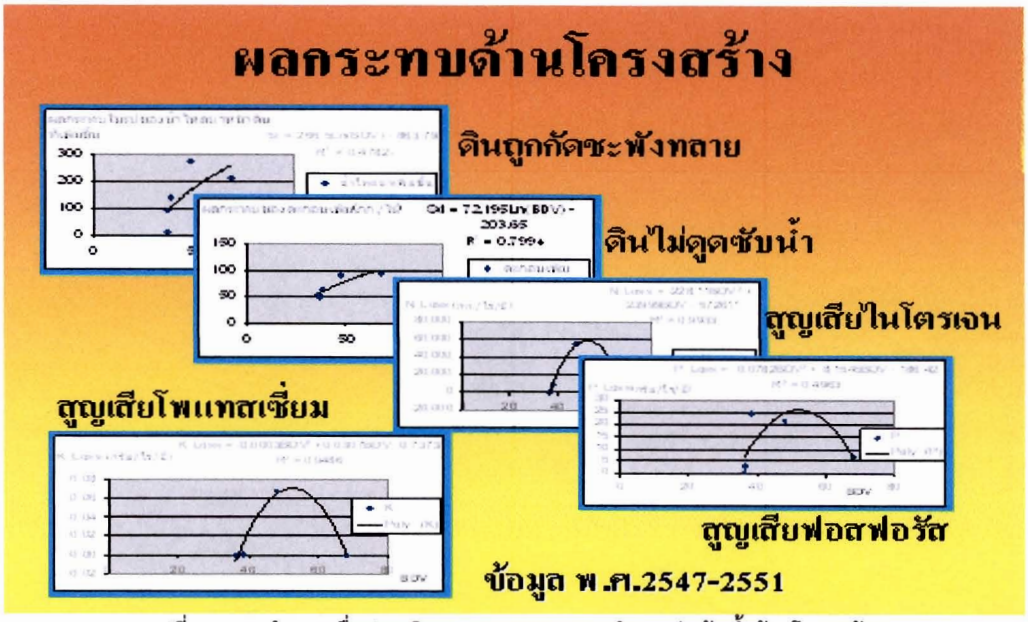
รูปที่ 1. การนำเข้าข้อมูลเพื่อหาค่าคะแนนความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้

ขั้นตอนที่สองเป็นการนำเข้าข้อมูลน้ำฝนรายปี (บริเวณตอนล่างของรูปที่ 1) และค่าคะแนนปัจจัยภูมิประเทศที่ประยุกต์มาจาก Natural Resources Conservation Services หรือ NRCS แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 2

ลักษณะภูมิประเทศ		%Slope	ค่า CN
พื้นที่ราบตอนล่าง(Flat land area)		0	5
		1	6
		3	10
		5	16
พื้นที่ลูกเนิน (Rolling terrain)		5	17
		6	18
		8	20
		10	24
พื้นที่ลาดเชิงเขา (Hilly)		10	25
		20	27
		30	30
พื้นที่ภูเขาสูงชัน (mountain area)	ความสูง <500 เมตร		30
	ความสูง 500-700 เมตร		35
	ความสูง > 700 เมตร		40

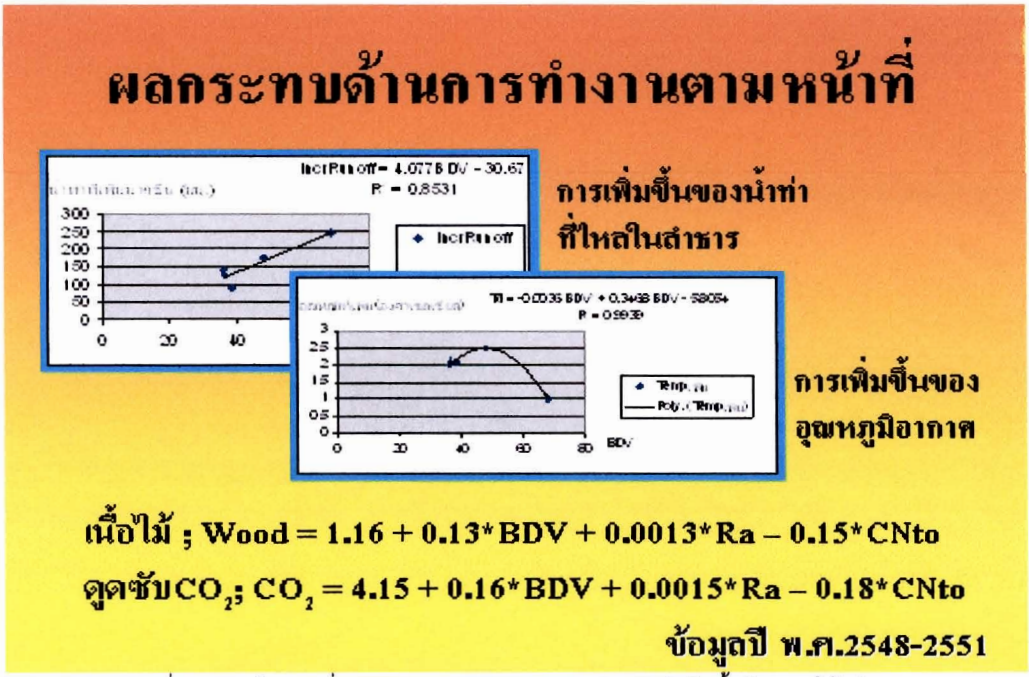
รูปที่ 2. ค่าคะแนนลักษณะภูมิประเทศ

ขั้นตอนที่สามเป็นการประเมินค่าผลกระทบ โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ป่าไม้ถูกทำลาย ทั้งในส่วนที่เป็นโครงสร้าง (ดังแสดงในรูปที่ 3) คือดิน น้ำ และปุ๋ยสูญหาย อันเนื่องมาจากการกระบวนการกัดชะพังทลายของดิน ;



รูปที่ 3. แบบจำลองเพื่อประเมินผลกระทบจากการทำลายป่าต้นน้ำด้านโครงสร้าง

และผลกระทบในส่วนที่เป็นบริการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธาร อุณหภูมิอากาศ และการดูดซับและเก็บกัก CO_2 ของพื้นที่ (ดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4. แบบจำลองเพื่อประเมินผลกระทบจากการทำลายป่าต้นน้ำด้านการให้บริการ

ขั้นตอนสุดท้ายผลลัพธ์ ที่เกิดขึ้นจะถูกนำมาประเมินค่าเป็นจำนวนเงิน ด้วยวิธีการ Cost replacement method และจัดทำเป็นโปรแกรมที่แสดงถึงผลกระทบและมูลค่าของผลกระทบดังแสดงในตารางที่ 2

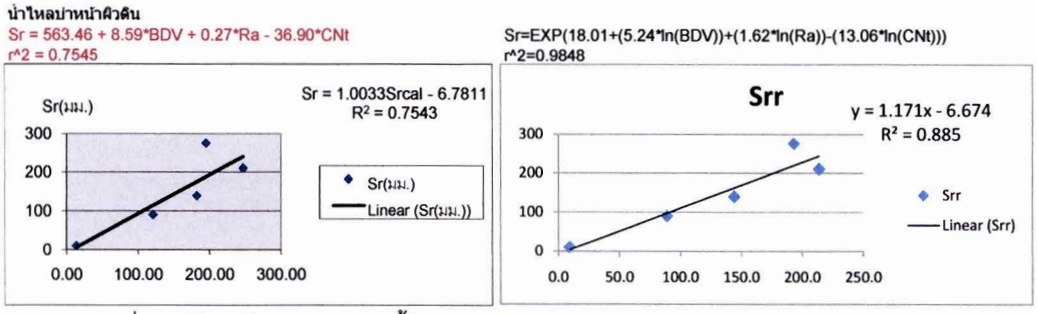
ตารางที่ 2. โปรแกรมที่ใช้แสดงมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าต้นน้ำ
เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีป่า

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายป่า		หน่วยวัด	ราคา/หน่วย	หน่วยวัด	มูลค่า	หน่วยวัด
การสูญเสียผลผลิตในรูปเนื้อไม้ที่ใช้ประโยชน์	1.13	ลบ.ม./ไร่/ปี	1	บาท/ลบ.ม.	47284.22	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียดินอันเนื่องมาจากการกัดชะพังทลาย	83.26	กิโลกรัม/ไร่/ปี	1800	บาท/เทียว	1800.00	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียธาตุไนโตรเจน	28.41	กิโลกรัม/ไร่/ปี	0.035	บาท/กรัม	994.18	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส	53.86	กรัม/ไร่/ปี	0.093	บาท/กรัม	5.01	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียธาตุโพแทสเซียม	0.03	กรัม/ไร่/ปี	0.88	บาท/กรัม	0.03	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียระบบควบคุมการดูดซับ-ระบายน้ำ	360.28	ลบ.ม./ไร่/ปี	1800	บาท/เทียว	54042.16	บาท/ไร่/ปี
อากาศที่ร้อนขึ้น	2.60	องศาเซลเซียส	2.5	บาท/ช.ม.	65043.50	บาท/ไร่/ปี
การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	6.86	ตัน CO2 /ไร่/ปี	793.5	บาท/ตัน	5441.52	บาท/ไร่/ปี
				รวม	174610.62	บาท/ไร่/ปี

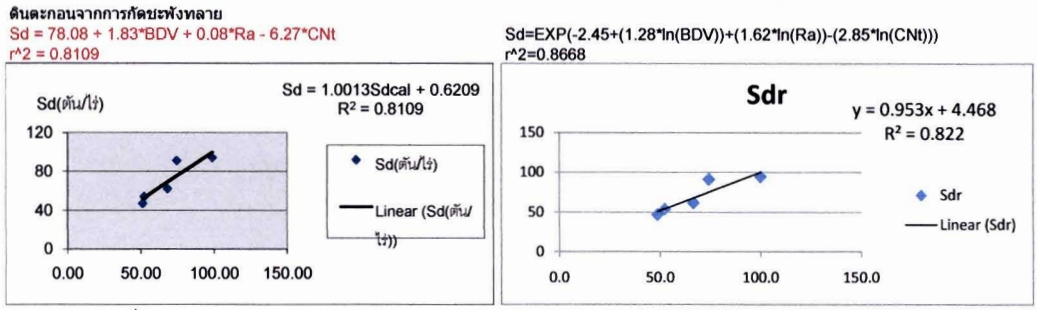
อย่างไรก็ตามภายหลังจากการเดินทางไปชี้แจงวิธีการประเมินมูลค่าความเสียหายจากการทำลายป่าไม้ต่อคณะกรรมการสิทธิมนุษยชนทั้งสองคณะ ได้นำข้อแนะนำต่าง ๆ มาพัฒนาแบบจำลองให้มีความถูกต้องและสมเหตุผลมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ประเมินค่าผลกระทบในแต่ละด้านจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีบทบาทต่อการเกิดผลกระทบในด้านนั้น ๆ ได้พัฒนาให้ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านั้นมีบทบาทร่วมกันในเชิงของ non-linear function แทนการใช้ linear function นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าทางตรงของป่า นั่นคือ ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ ให้สอดคล้องกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ตลอดจนการประเมินผลกระทบทางด้านการสูญเสียความสามารถในการดูดซับและเก็บกักน้ำฝนของพื้นที่อีกด้วย โดยดำเนินการพัฒนาให้สอดคล้องกับขนาดของพื้นที่ ตามผลการศึกษาของ (Lee, 1980) อีกด้วย

ผลของการพัฒนาแบบจำลอง

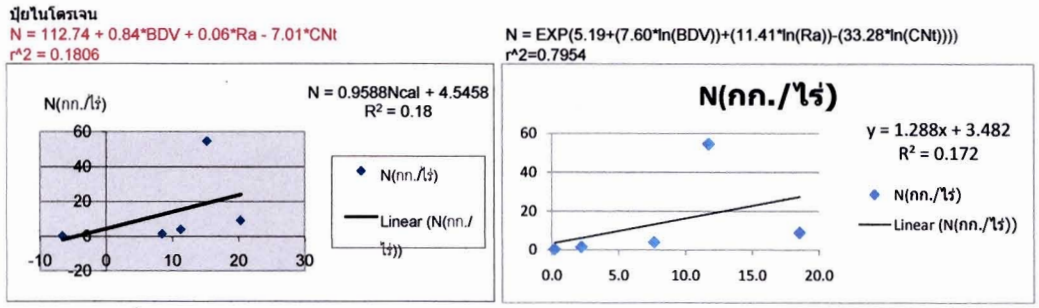
ผลของการพัฒนาแบบจำลองพบว่า การนำปัจจัยต่าง ๆ ที่มีบทบาทต่อการเกิดผลกระทบในแต่ละด้านมาร่วมกันประเมินผลกระทบในด้านนั้น ๆ ในลักษณะของการกระทำร่วมกัน หรือ non-linear function แทนการใช้ linear function ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการประเมิน หรือค่า coefficient of determination (r^2) มีทั้งค่าสูงขึ้น และลดต่ำลง ดังรายละเอียดในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 11



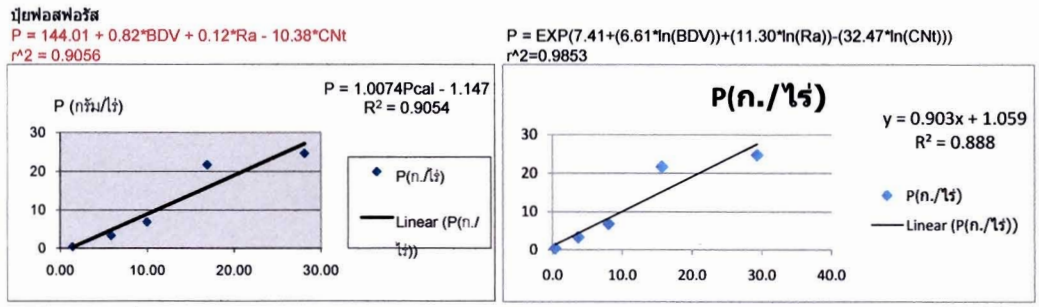
รูปที่ 5. เปรียบเทียบแบบจำลองน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินก่อน และหลังการพัฒนา



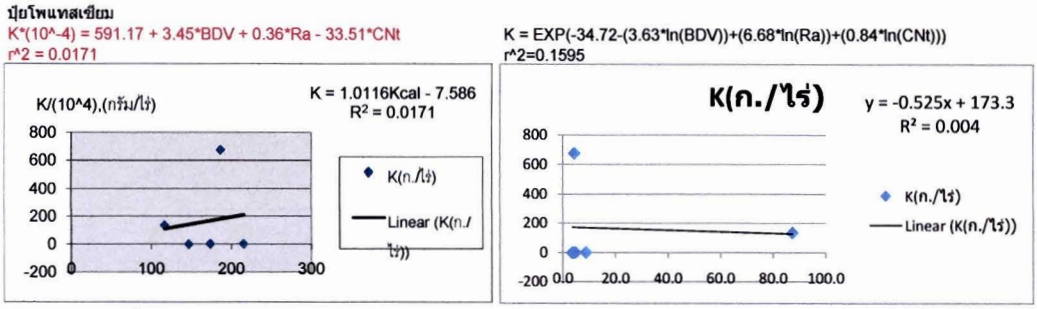
รูปที่ 6. เปรียบเทียบแบบจำลองดินสูญหายจากกระบวนการกัดชะพังทลายก่อน และหลังการพัฒนา



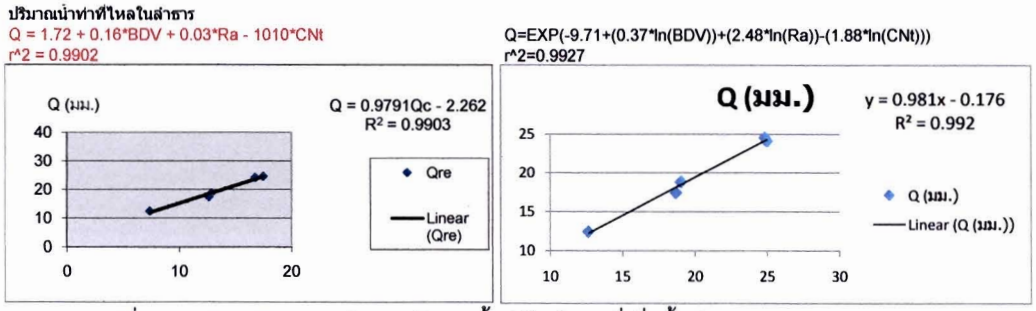
รูปที่ 7. เปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณไนโตรเจนในดินสูญหายก่อน และหลังการพัฒนา



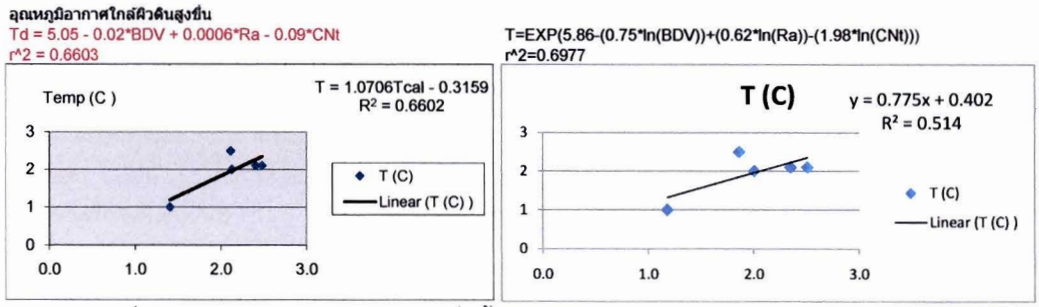
รูปที่ 8. เปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูญหายก่อน และหลังการพัฒนา



รูปที่ 9. เปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณโพแทสเซี่ยมในดินสูญหายก่อน และหลังการพัฒนา

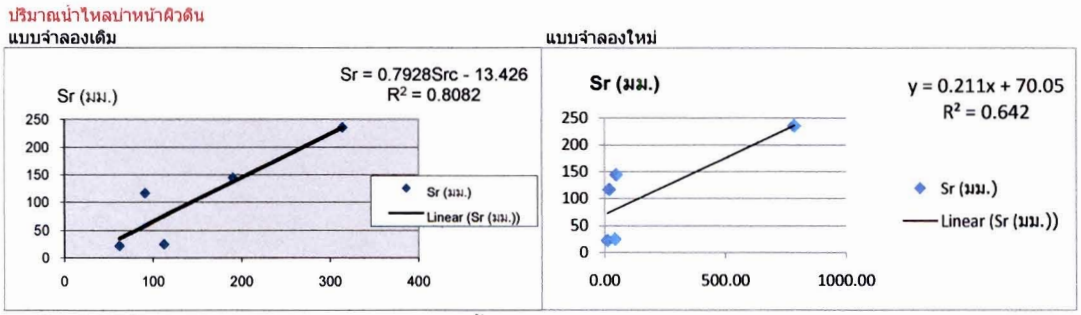


รูปที่ 10. เปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณน้ำท่าในลำธารที่เพิ่มขึ้นก่อน และหลังการพัฒนา

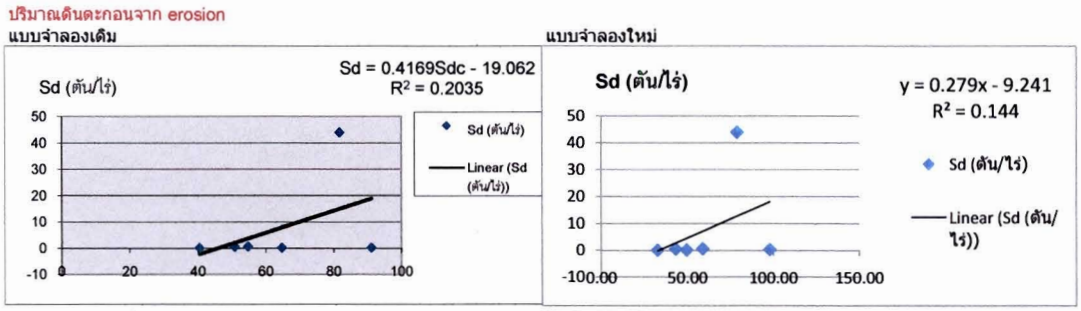


รูปที่ 11. เปรียบเทียบแบบจำลองการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศก่อน และหลังการพัฒนา

ภายหลังการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลอง ด้วยข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง (validation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลการสูญเสียน้ำจากการไม่ดูดซับน้ำของดิน และข้อมูลการสูญเสียดินจากกระบวนการกัดชะพังทลายของดิน ด้วยข้อมูลที่เป็นผลมาจากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมาของป่าต้นน้ำจำนวน 4 ชนิด ที่จังหวัดเชียงใหม่ กาญจนบุรี กระบี่ และสกลนคร ผลปรากฏว่าน้ำที่ไหลบ่าหน้าดินความถูกต้องของการใช้ linear function มีค่าเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม การใช้ non-linear function กลับให้ค่าความถูกต้องลดลงเล็กน้อย ส่วนการกัดชะพังทลายของดินความถูกต้องลดลงทั้งคู่ ดังแสดงในรูปที่ 12 และ รูปที่ 13 ตามลำดับ

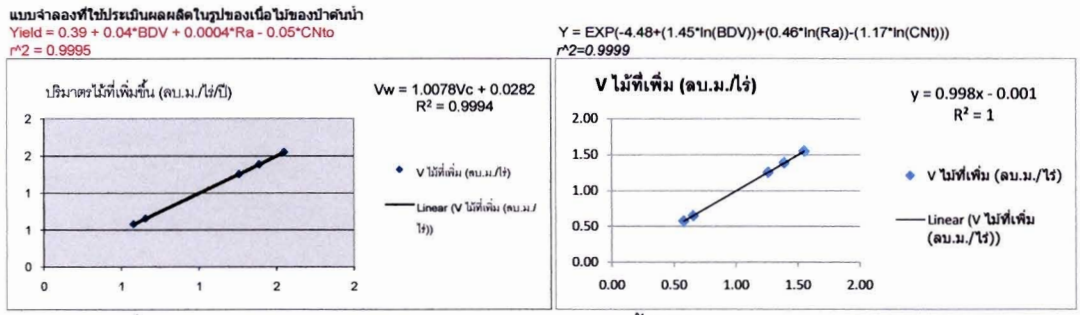


รูปที่ 12 ผลการ validation แบบจำลองน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินก่อน และหลังการพัฒนา

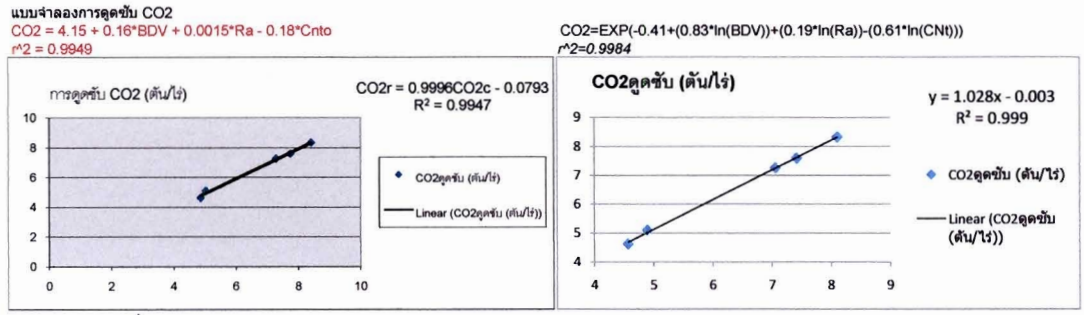


รูปที่ 13 ผลการ validation แบบจำลองดินสูญหายจากกระบวนการกัดชะพังทลายก่อน และหลังการพัฒนา

ส่วนการพัฒนาแบบจำลองการเพิ่มผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ และแบบจำลองการดูดซับ CO_2 นั้น พบว่าการใช้ non-linear function แทน linear function จะให้ค่าความถูกต้องสูงมากขึ้นเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 14 และรูปที่ 15 ตามลำดับ



รูปที่ 14. เปรียบเทียบแบบจำลองการให้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ก่อน และหลังการพัฒนา



รูปที่ 15. เปรียบเทียบแบบจำลองการดูดซับ CO_2 ก่อน และหลังการพัฒนา

ถึงแม้ว่าผลของการทดสอบแบบจำลองด้วยข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลอง (validation) จากข้อมูลที่เป็นผลมาจากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา จะไม่สามารถบ่งชี้ให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าการพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินค่าผลกระทบจากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ ด้วย non-linear function แทนการใช้ linear function จะให้ความถูกต้องมากขึ้น หรือน้อยลงเพียงใด อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าคะแนนตามลำดับความสำคัญของผลกระทบด้านต่าง ๆ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ ค่าคะแนนโดยน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบด้าน การให้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ ของป่าและสัตว์ ค่าคะแนนของการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน ค่าคะแนนการสูญเสียดินจากกระบวนการกัดชะพังทลายของดิน ค่าคะแนนการดูดซับและระบายน้ำของชั้นดิน ค่าคะแนนการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าคะแนนการสูญเสียธาตุไนโตรเจน ค่าคะแนนการสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส และค่าคะแนนการสูญเสียธาตุโพแทสเซี่ยม มีค่าเท่ากับ 20, 15, 15, 15, 10, 10, 5, 5 และ 5 ตามลำดับ ผลของการเปรียบเทียบพบว่า การใช้ non-linear function ให้ค่าคะแนนรวมเท่ากับ 70 ในขณะที่ linear function มีค่าคะแนนรวมเท่ากับ 30 ดังรายละเอียดในตารางที่ 3 ดังนั้นจึงเห็นควรให้ใช้ non-linear function เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินผลกระทบจากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ได้

ตารางที่ 3. ผลการเปรียบเทียบค่าคะแนนโดยน้ำหนักระหว่างการใช้ linear function กับ non-linear function

ผลกระทบจากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้	ค่าคะแนนโดยน้ำหนัก		
	เกณฑ์กำหนด	linear function	non-linear function
การสูญเสียเนื้อไม้ ของป่า และอาหาร	20	0	20
การเกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน	15	0	15
การกัดชะพังทลายของดิน	15	0	15
การสูญเสียธาตุไนโตรเจน	5	5	0
การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส	5	5	0
การสูญเสียธาตุโพแทสเซี่ยม	5	5	0
การควบคุมระบบการดูดซับและระบายน้ำ	10	0	10
การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศใกล้ผิวดิน	15	15	0
การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	10	0	10
รวม	100	30	70

ผลผลิตของแบบจำลองหลังการพัฒนา

การพัฒนาแบบจำลอง ได้ดำเนินการเฉพาะในส่วนของแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการประเมินค่าของผลกระทบในด้านต่าง ๆ เท่านั้น ทำให้โครงสร้างใหญ่ของแบบจำลองทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการใช้ประโยชน์แบบจำลอง จึงมีขั้นตอนเช่นเดียวกับแบบจำลองก่อนที่จะมีการพัฒนา กล่าวคือจะมีการนำเข้าตัวแปรที่ใช้ประเมินค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าที่เหลืออยู่ ซึ่งประกอบไปด้วย เปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นที่โดยเรือนยอด จำนวนชั้นเรือนยอด เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ และความลึกของชั้นดิน ต่อจากนั้นจะเป็นการนำเข้าข้อมูลปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่ประกอบไปด้วยปริมาณน้ำฝนรายปี และค่าคะแนนลักษณะภูมิประเทศ ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2

แบบจำลองจะนำข้อมูลทั้งหมดมาประเมินค่าผลกระทบด้านต่าง ๆ ที่ประกอบไปด้วย

(1)ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้

(2)การสูญเสียดินจากกระบวนการกัดชะพังทลายของดิน

(3)การสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม จากกระบวนการกัดชะพังทลายของดิน

(4)การสูญเสียน้ำฝนที่ถูกเก็บกักเอาไว้ในดิน และการระบายน้ำให้กับลำธารในช่วงฤดูแล้ง

(5)การทำให้อากาศเหนือผิวดินร้อนขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงาน

(6)การสูญเสียความสามารถในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

สุดท้ายข้อมูลผลกระทบเหล่านี้จะถูกนำมาตีค่าเป็นจำนวนเงิน ด้วยราคาของค่าใช้จ่ายที่เป็นกลางที่ถูกกำหนดไว้ให้ในตาราง ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นค่าใช้จ่ายในท้องถิ่นนั้น ๆ ได้ ดังรายละเอียดในรูปที่ 16

(2)การประเมินค่าผลกระทบ และมูลค่าของป่าต้นน้ำ
สำหรับมูลค่าในรูปของเนื้อไม้ ถ้าเป็นป่าดงดิบให้ใส่เลข 0 ถ้าเป็นป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังให้ใส่เลข 1 ในช่องราคา/หน่วย
ในส่วนของราคาต่อหน่วย ให้ระบุราคาในท้องถิ่นที่ทำการศึกษา แต่ถ้าไม่ทราบให้ใส่ 0 แบบจำลองจะใช้ราคากลางประเมินค่าแทน
กรณีการสูญเสียดิน ถ้าปริมาณดินที่สูญหายน้อยกว่า 13 ตัน หรือ 1 เที่ยวรถบรรทุก ให้คิดราคาเท่ากับราคา 1 เที่ยวรถบรรทุก
การศึกษาในครั้งนี้ การสูญเสียดินมีค่าเท่ากับ 1 เที่ยวรถบรรทุก

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายป่า		หน่วยวัด	ราคา/หน่วย	หน่วยวัด	มูลค่า	หน่วยวัด
การสูญเสียผลผลิตในรูปเนื้อไม้ที่ใช้ประโยชน์	1.12	ลบ.ม./ไร่/ปี	1	บาท/ลบ.ม.	47218.57	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียดินอันเนื่องมาจากการกัดชะพังทลาย	80.13	กิโลกรัม/ไร่/ปี	1800	บาท/เที่ยว	1800.00	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียธาตุไนโตรเจน	28.31	กิโลกรัม/ไร่/ปี	0.035	บาท/กรัม	990.77	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียธาตุฟอสฟอรัส	52.88	กรัม/ไร่/ปี	0.093	บาท/กรัม	4.92	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียธาตุโพแทสเซียม	85.26	กรัม/ไร่/ปี	0.88	บาท/กรัม	75.03	บาท/ไร่/ปี
การสูญเสียระบบควบคุมการดูดซับ-ระบายน้ำ	33.62	ลบ.ม./ไร่/ปี	1800	บาท/เที่ยว	5042.82	บาท/ไร่/ปี
อากาศที่ร้อนขึ้น	2.77	องศาเซลเซียส	2.5	บาท/ช.ม.	69406.54	บาท/ไร่/ปี
การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	6.58	ตัน CO_2 /ไร่/ปี	793.5	บาท/ตัน	5219.59	บาท/ไร่/ปี
				รวม	129758.24	บาท/ไร่/ปี

รูปที่ 16 การแสดงผลการประเมินมูลค่าความเสียหายจากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ของแบบจำลองที่ผ่านการพัฒนา

บทสรุป

การประเมินค่าความเสียหาย จากการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ของส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำนี้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ ป่า และพันธุ์พืช เป็นเพียงการคิดคำนวณในส่วนของ Consumptive direct use value และ Indirect use value เท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้การประเมินมูลค่าของป่าไม้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ควรนำมูลค่าของสัตว์ป่า มูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพ และมูลค่าแห่งการท่องเที่ยว ซึ่งแฝงอยู่ภายในส่วนต่าง ๆ ของ Total economic value เข้ามาผนวกรวมด้วย

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล ธรรมนูญ แก้วอำพุท ชลาทร ศรีตุลานนท์ พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ บุญมา ดีแสง สำเริง ปานอุทัย โสภา ศิริไพพรรณ และชลดา อ่อนอาษา 2550 แบบจำลองมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าต้นน้ำ ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพ ฯ

Lee, R. 1980. Forest Hydrology. Columbia University Press. New York. 349 P.

Pagiola, S. K.V. Ritter and J. Bishop. 2004. Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation. Paper No. 101. The World Bank Environment Department. The World Bank., Washington D.C., USA.

๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างการประเมินมูลค่าของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

๑. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมการใช้ประโยชน์ทางตรง (Direct Use)

ตัวอย่างที่ ๑

การศึกษามูลค่าการใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้จากป่าชุมชนโคกใหญ่ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม โดยวิธีราคาตลาด (Market Value) และศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่ากับตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในชุมชนโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเก็บหาของป่าและกลุ่มตัวแทนหรือหัวหน้าครัวเรือน โดยมุ่งประเด็นสำคัญคือ ชนิด ปริมาณ ช่วงเวลาที่พบชนิดพันธุ์ ลักษณะการใช้ประโยชน์ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน (Bookaew, 2009)

ตัวอย่างที่ ๒

การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของป่าด้านการใช้ประโยชน์จากป่าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าอมก๋อยจังหวัดเชียงใหม่ โดยการวิจัยใช้แบบสอบถามและการเทียบราคาผลิตภัณฑ์จากป่ากับราคาตลาดในพื้นที่ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงในหมู่บ้านที่มีการใช้ประโยชน์จากป่าสงวนแห่งชาติอมก๋อย (Yotapakdee, 2014) และการศึกษากลุ่มทอผ้าหมู่บ้านท้องฝาย อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยพบว่าชาวบ้านจะนำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่มาจากธรรมชาติ เช่น เส้นใยธรรมชาติ เปลือกไม้ ใบไม้ และดอกไม้ชนิดต่าง ๆ เป็นอีกหนึ่งสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงมูลค่าอันเกิดจากการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ (Baimai, 2017) งานวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาถึงมูลค่าการใช้ประโยชน์จากป่าที่มีความสำคัญเชิงนิเวศน์ โดยใช้การคำนวณมูลค่าของผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (NTFPs) ที่พัฒนามาจากการคำนวณจากมูลค่าผลิภัณฑ์มวลรวมของหมู่บ้าน (Value of the Gross Village Product: GVP) ซึ่งเป็นแบบจำลองพื้นฐานทางเศรษฐกิจของหมู่บ้านแล้วรวมเป็นผลผลิตทั้งหมู่บ้าน (Nunthasen and Nunthasen, 2019)

ตัวอย่างที่ ๓

การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงจากการบริโภคผักพื้นบ้านในชุมชนแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแทนชาวบ้านที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง ๔๖ – ๖๐ ปี การศึกษาระดับประถมศึกษาและประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก และประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไปเป็นอาชีพรอง แต่ละครัวเรือนมีพื้นที่การเกษตรเฉลี่ย ๕.๗๓๒ ไร่ รายได้เฉลี่ยจากอาชีพเกษตรกรรมพบว่า การปลูกมันฝรั่งสามารถสร้างรายได้เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด และพืชผักเป็นพืชที่มีรายได้เฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด เมื่อพิจารณารายได้เฉลี่ยจากอาชีพนอกเหนือเกษตรกรรมพบว่า พนักงานรายเดือนมีรายได้เฉลี่ยต่อปีมากที่สุดและปศุสัตว์และประมงมีรายได้เฉลี่ยต่อปีต่ำที่สุด ประเภทผักพื้นบ้านที่พบในชุมชนแม่แฝกในปี พ.ศ. ๒๕๕๙ แบ่งออกได้เป็น ๔ ประเภทคือ ผักพื้นบ้าน

ที่บริโภครากหรือหัว ผักพื้นบ้านที่บริโภคใบหรือยอดอ่อนหรือก้านหรือลำต้น ผักพื้นบ้านที่บริโภคดอกและผักพื้นบ้านที่บริโภคผล ในพื้นที่ชุมชนแม่แฝกพบผักพื้นบ้านที่บริโภคใบหรือยอดอ่อนหรือก้านหรือลำต้นมากที่สุดถึง ๕๓ ชนิด รองลงมาคือ ผักพื้นบ้านที่บริโภคผลจำนวน ๒๕ ชนิด ทั้งนี้ ผักพื้นบ้านที่บริโภครากหรือหัวและผักพื้นบ้านที่บริโภคดอกพบจำนวน ๘ ชนิดและ ๗ ชนิดตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์มูลค่ารวมของผักพื้นบ้านที่พบในชุมชนตำบลแม่แฝก ในปี พ.ศ. ๒๕๕๙ จากวิธี Value of the Gross Village Product (GVP) มีมูลค่ารวมทั้งหมดกว่า ๑๕ ล้านบาท โดยแบ่งเป็นผักที่บริโภคราก/หัว มูลค่า ๒.๙๗๑ ล้านบาท ผักที่บริโภคใบ/ยอดอ่อน/ก้าน/ลำต้น มูลค่า ๓.๓๓๓ ล้านบาท ผักที่บริโภคดอก มูลค่า ๒.๔๒๑ แสนบาท และผักที่บริโภคผล มูลค่า ๘.๕๕๖ ล้านบาท โดยสามารถลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนได้ถึง ๔,๓๗๖,๐๐๐ บาท (Yotapakdee, 2014)

๒. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเมื่อสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยการผลิต (Environment Quality as a Factor Input)

ตัวอย่างที่ ๑

หลักการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกรณีระบบนิเวศป่าไม้ มีองค์ประกอบ ๒ ส่วน คือ (๑) โครงสร้าง (structure) หรือปัจจัยต่างๆ ที่ประกอบตัวกันเป็นป่าไม้ คือ (๑.๑) ปัจจัยภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ น้ำฝน พลังงานจากดวงอาทิตย์ และ (๑.๒) ปัจจัยภายใน ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดของดินและประเภทพืชปกคลุมดิน และ (๒) บริการ (Services) ที่ป่าไม้เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ประชาชนที่สำคัญ ประกอบด้วย ๕ ส่วน คือ (๒.๑) การให้ผลผลิตที่เป็นเนื้อไม้ หรืออาหารจากพืชป่าและสัตว์ป่า (๒.๒) การควบคุมระบบการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำให้กับลำธารในพื้นที่ที่อยู่ท้ายน้ำลงไป (๒.๓) การบรรเทาความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ การดูดซับและการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (๒.๔) การเป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และ (๒.๕) การเป็นสถานที่พักผ่อน วิธีChange – in – productivity ประเมินมูลค่าในรูปของตัวเงินได้โดยตรง ในขณะที่บริการอื่น ๆ ต้องใช้วิธีอื่น ๆ ในการประเมินมูลค่าแทน

ทั้งนี้ ได้มีการพัฒนาให้ปัจจัยต่าง ๆ มีบทบาทร่วมกันในเชิงของ non - linear function แทนการใช้ linear function และพัฒนาแบบจำลองเพื่อประเมินมูลค่าทางตรงของป่า คือ ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ให้สอดคล้องกับความเป็นจริงในปัจจุบัน ตลอดจนการสูญเสียความสามารถในการดูดซับและกักเก็บน้ำฝนของพื้นที่ให้สอดคล้องกับขนาดของพื้นที่ตามผลการศึกษาของ (Lee, 1980) ซึ่งกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้นำหลักการคิดคำนวณมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมของความเสียหายต่อป่าไม้ด้วยการต่อยอดแบบจำลองมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ โดยทำการศึกษากับระบบนิเวศป่าไม้ ๕ ชนิด ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำ (พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และคณะ, ๒๕๕๐) ประกอบด้วย ๔ ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑ เริ่มต้นจากการนำเข้าข้อมูลเพื่อประเมินค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าไม้ได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$BDV = a * (b + c(CC * CS))^d * (e + f(BA * SD))^g$$

โดย BDV คือ ค่าความหลากหลายทางชีวภาพ

CC คือ เปอร์เซ็นต์การปกคลุมพื้นที่ของเรือนยอด

CS คือ จำนวนชั้นเรือนยอดของต้นไม้ในป่า

BA คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดลำต้นของต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่

SD คือ ความลึกของชั้นดิน

a, b, c, d, e, f, และ g เป็นค่าสัมประสิทธิ์

แทนค่าข้อมูลระบบนิเวศป่าไม้ ๕ ชนิดตามสมการ ดังนี้

$$BDV = 0.45[(10.46+0.11(CC \times CS))^{0.62} \times (25.16+45.26(BAXSD))^{0.59}]$$

ขั้นตอนที่ ๒ การนำเข้าข้อมูลน้ำฝนรายปี และค่าคะแนนปัจจัยภูมิประเทศที่ประยุกต์มาจาก Natural Resources Conservation Services หรือ NRCS แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา

ขั้นตอนที่ ๓ การประเมินค่าผลกระทบ โดยการเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ป่าไม้ถูกทำลาย ทั้งในส่วนที่เป็นโครงสร้าง คือ ดิน น้ำ และปุ๋ยสูญหาย อันเนื่องมาจากกระบวนการพังทลายของดิน และผลกระทบในส่วนที่เป็นบริการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำในลำธาร อุณหภูมิอากาศ และการดูดซับเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพื้นที่ โดยแบบจำลองจะนำข้อมูลทั้งหมดมาประเมินค่าผลกระทบด้านต่าง ๆ ที่ประกอบไปด้วย

ขั้นตอนที่ ๔ ข้อมูลผลกระทบเหล่านี้จะถูกนำมาประเมินค่าเป็นจำนวนเงิน ด้วยวิธีการ Cost Replacement Method ผ่านแอพพลิเคชั่นที่แสดงถึงลักษณะของผลกระทบและมูลค่าของผลกระทบ

๓. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านต้นทุนการเจ็บป่วยและต้นทุนมนุษย์ (Cost of illness and human capital)

ตัวอย่างที่ ๑

เมืองซานติอาโก ประเทศชิลี ได้นำเทคนิคนี้ไปใช้ในการประเมินผลประโยชน์ต่อสุขภาพประชาชน จากการลงทุนควบคุมมลพิษทางอากาศในพารามิเตอร์กลุ่มฝุ่นละออง สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) จากการประเมินพบว่ามูลค่าของผลประโยชน์จากสุขภาพประชาชนดีขึ้นสูงกว่าที่ไม่ดำเนินการใด ๆ ร้อยละ ๗๐ ผลประโยชน์ของแต่ละหน่วยย่อยของโครงการสูงกว่าต้นทุนร้อยละ ๒๐ – ๑๔๐ (World Bank, 1994)

กรณีที่นำแนวทางนี้ไปใช้ในการประเมินความเสียหายต่อการเสียชีวิตของประชาชน แนวทางนี้อาจเรียกว่าแนวทางการประเมินต้นทุนมนุษย์ (human-capital approach) ซึ่งคล้ายคลึงกับแนวทางประเมินการเปลี่ยนแปลงต่อการผลิต (change-in-productivity approach) ในแง่ของผลกระทบจากมลพิษที่มีต่อการผลิต เพียงแต่ผู้ผลิตในกรณีนี้เป็นชีวิตของประชาชน แนวทางนี้เกี่ยวข้องกับข้อมูลการศึกษาของประชาชนในการบ่งชี้รายได้ที่ควรจะได้รับในช่วงชีวิต อย่างไรก็ตาม แนวทางนี้ก่อให้เกิดข้อขัดแย้งมากเนื่องจากเกี่ยวกับการลดคุณค่าของชีวิตมาวัดที่ระดับรายได้ ณ ปัจจุบัน

ของมนุษย์ นักวิจัยส่วนมากจึงเสนอแนะไม่ให้นำมาใช้ในการประเมินคุณค่าของมนุษย์เมื่อเกิดการเสียชีวิต และเสนอแนะให้ประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการเสียชีวิตได้จากจำนวนของผู้เสียชีวิตแทน (ไม่คิดมูลค่าเป็นตัวเงิน) และใช้แนวทางการประเมินโดยวิธีการพิจารณาต้นทุน-ความคุ้มค่าทดแทน (cost-effectiveness approach) ในขณะที่ ประเทศสหรัฐอเมริกาและองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ประเมินมูลค่าทางสถิติของชีวิตจากความเต็มใจที่จะจ่าย (ซึ่งมากกว่าความเสียหายต่อการผลิตและมักจะมากกว่ามูลค่าที่ประเมินจากต้นทุนมนุษย์ (รายได้) ประมาณ ๕ – ๑๐ เท่า) และปรับด้วยรายได้ต่อหัว การประเมินมูลค่าความเสียต่อการเสียชีวิต จึงควรดำเนินการอย่างรอบคอบเนื่องจากมีความซับซ้อนดังกล่าวข้างต้น

๔. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนการทดแทนและการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม (Repair and Replacement Cost)

ตัวอย่างที่ ๑

ตัวอย่างการนำค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำดื่มมาใช้ทดแทนในการประเมินค่าความเสียหายของแหล่งน้ำดื่มที่ปนเปื้อนมลพิษได้ สารพิษทางการเกษตรปนเปื้อนแหล่งน้ำพบได้ในหลาย ๆ ประเทศ ส่งผลให้น้ำดื่มมีระดับการปนเปื้อนสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีได้ การวัดระดับผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์หรือประมาณการระดับความเสียหายสำหรับมลพิษในแหล่งน้ำค่อนข้างจะยุ่งยาก เนื่องจากความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมทั่วไป การรับสัมผัสสาร และการเจ็บป่วย อย่างไรก็ตาม การประมาณการต้นทุนในการจัดหาแหล่งน้ำทดแทนก็สามารถนำใช้แทนได้ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนในการจัดหาแหล่งน้ำดื่มทดแทนสามารถหาได้จากการยื่นข้อเสนอโครงการในการลงทุนจัดทำแหล่งน้ำดื่มที่ระบุถึงปริมาณน้ำส่วนเพิ่ม เมื่อใช้เทคนิคการประเมินต้นทุนทดแทนก็จะสามารถหาค่าความเสียหายของแหล่งน้ำดื่มปนเปื้อนมลพิษต่อปีได้ เช่น สมมติว่าค่าลงทุนจัดหาแหล่งน้ำทดแทนอยู่ที่ ๐.๕ – ๑ ดอลลาร์/ลูกบาศก์เมตร และปัจจุบันมีปริมาณการใช้น้ำดื่ม ๑๐๐ ลบ.ม./ปี ค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งน้ำทดแทนจะอยู่ที่ประมาณ ๕๐ – ๑๐๐ ล้านดอลลาร์/ปี เมื่อคิดที่ระดับการใช้น้ำ ณ ปัจจุบัน เป็นต้น

เทคนิคการประเมินค่าใช้จ่ายในการจัดหาทดแทนหรือการฟื้นฟูมีประโยชน์ในกรณีที่เป็นการประเมินค่าความเสียหายต่อทรัพย์สินที่จับต้องได้ซึ่งค่าใช้จ่ายคิดคำนวณได้ง่าย ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ในการช่วยตัดสินใจว่าจะปล่อยให้ความเสียหายเกิดขึ้นและจัดหาแหล่งทดแทนในภายหลังหรือควรจะลงทุนในการป้องกันการเกิดมลพิษขึ้นก่อนดี แต่จะไม่เป็นประโยชน์ต่อการประเมินทรัพยากรบางประเภท เช่น กลุ่มหรือพื้นที่ที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม หรืออ่อนไหวทางสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถทดแทนหรือฟื้นฟูให้เหมือนเดิมได้ง่ายและค่าใช้จ่ายก็ไม่แน่นอน (World Bank, 1998)

นอกจากนี้ การทดแทนสิ่งแวดล้อมในกรณีที่เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์สามารถประเมินความเสียหายและพิจารณาทดแทนได้จากวิธี Resource Equivalency Analysis (REA) และวิธี Habitat Equivalency Analysis (HEA) จากแนวคิดที่ว่าค่าความเสียหายต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติจำพวกแหล่งน้ำ/ แหล่งที่อยู่อาศัยพันธุ์สัตว์ให้กลับมาอยู่ในสภาพพื้นฐาน (baseline) เช่น เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยของกลุ่มสิ่งมีชีวิตดังเดิม จำนวนสปีชีส์เท่าเดิม เป็นต้น หรือให้กลับมาสามารถให้การบริการได้ดังเดิม

เช่น แหล่งนันทนาการ แหล่งน้ำดิบ เป็นต้น หรือฟื้นฟูพื้นดินปนเปื้อนโดยการขุดลอก/ควบคุม/กักกัน/กักเก็บ/ลดขนาดพื้นที่ให้เป็นพื้นดินที่มีการปนเปื้อนในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัย ทั้งจากการใช้ประโยชน์ในปัจจุบันและในอนาคต

สหภาพยุโรปได้ออกกฎระเบียบเกี่ยวกับการรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในประเด็นการป้องกันและการฟื้นฟูความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม (ELD) ได้กำหนดให้ใช้วิธี REA ในการบ่งชี้ประเภทและปริมาณของการฟื้นฟูที่จำเป็นต่อการทดแทนให้แก่ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสำหรับการสูญเสียในอดีต ปัจจุบันและอนาคต อันเนื่องมาจากเหตุมลพิษต่าง ๆ (OECD, 2012; NOAA, 1997a, 2006) โดยใช้หลักการในการบ่งชี้ขนาดหรือมูลค่าของความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมผ่านมาตรการฟื้นฟูต่าง ๆ วิธี REA ในการประเมินความต้องการในการฟื้นฟูประกอบด้วย

- วิธีประเมินแบบ Resource -to-resource เป็นวิธีที่กล่าวถึงการฟื้นฟูที่เปรียบเทียบสิ่งแวดล้อมเสียหายกับสิ่งแวดล้อมแหล่งอื่น โดยบ่งชี้ประเภทของสัตว์หรือพืชในระบบนิเวศที่เสียหายจากเหตุมลพิษและที่จะพบว่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้มาตรการฟื้นฟู การสูญเสียและการเพิ่มขึ้นสามารถวัดตามขนาดพื้นที่ เช่น เฮกตาร์ ไร่ เป็นต้น หรืออาจเรียกวิธีนี้ว่าวิธี “Habitat Equivalency Analysis: HEA”

- วิธีประเมินแบบ Service -to-service เป็นวิธีที่มุ่งความสนใจไปที่การให้บริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อประโยชน์ของระบบนิเวศ เช่น การทำให้แหล่งน้ำสะอาด การบำรุงรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ หรือเพื่อประโยชน์ต่อสาธารณชน เช่น การป้องกันอุทกภัย การสันทนาการในป่า (ตกปลา ปีนเขา ดูนก ชมทิวทัศน์) เป็นต้น ปริมาณการให้บริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอาจไม่จำเป็นต้องเท่ากันในพื้นที่ขนาดเดียวกัน ดังนั้น มาตรการฟื้นฟูอาจเกิดขึ้นในพื้นที่ที่ไม่เท่ากับพื้นที่ที่เสียหายได้

- วิธีประเมินแบบ Value-to-value และแบบ value-to-cost วิธีเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในสถานการณ์ที่วิธีแบบ resource-to-resource หรือ service-to-service ไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ เช่น ทางเลือกมาตรการฟื้นฟูเสนอให้ดำเนินการในทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ และการให้บริการไม่เหมือนประเภทที่เกิดความเสียหาย หรือการที่ไม่สามารถวัดมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหรือการให้บริการจากมาตรการฟื้นฟูได้อย่างถูกต้อง วิธี value-to-cost method เป็นวิธีที่ประมาณการมูลค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและเลือกทางเลือกในการฟื้นฟูที่มีมูลค่าทางการเงินเทียบเท่ากัน

การประเมินความเท่าเทียมระหว่างความเสียหายและการชดเชยสามารถดำเนินการได้ใน ๓ ขั้นตอนหลัก ดังนี้

(๑) ประเมินมูลค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมในแง่ของขอบเขตพื้นที่และระดับความรุนแรงจากสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหรือการให้บริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

(๒) บ่งชี้และประเมินทางเลือกในการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนในแง่ของปริมาณและคุณภาพของการให้บริการหรือทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ควรมีทดแทน

(๓) กำหนดระดับและช่วงเวลาของการฟื้นฟูเพื่อทดแทนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมหรือการให้บริการจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (OECD, 2012)

- วิธี Resource Equivalency Analysis (REA) และวิธี Habitat Equivalency Analysis (HEA)

ออกแบบมาเพื่อบ่งชี้ขนาดของการฟื้นฟูถิ่นที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ให้สามารถทดแทนบริเวณที่ได้รับความเสียหายจากการปนเปื้อนน้ำมันและสารมลพิษอื่น ๆ วิธี REA มักนำมาใช้เมื่อพบว่ามีความเสียหายต่ออัตราการรอดชีวิตและอัตราการขยายพันธุ์ของสัตว์สปีชีส์ใดสปีชีส์หนึ่ง และสาธารณชนจะได้รับการชดเชยจากโครงการ/มาตรการฟื้นฟูที่สามารถขยายพันธุ์กลับคืนมาได้ การชดเชยหรือทดแทนความเสียหายต่อระบบนิเวศอย่างครบถ้วน เมื่อมูลค่าจากการคิดลดของจำนวนประชากรในแต่ละปีที่หายไป (debit) เท่ากับมูลค่าจากการคิดลดของจำนวนประชากรในแต่ละปีที่เพิ่มขึ้น (credit) ส่วนวิธี HEA นำมาใช้เมื่อถิ่นที่อยู่อาศัยได้รับความเสียหายจากน้ำมันรั่วไหลหรือมลพิษอื่น ๆ เช่น วิธี HEA อาจนำมาใช้ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ป่าโกงกางที่ต้องปลูกเพิ่มเพื่อชดเชยให้กับป่าโกงกางที่ปนเปื้อนน้ำมันรั่วไหลในพื้นที่ขนาด ๒๕ เอเคอร์ (API, 2002)

๕. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนการย้ายถิ่นฐาน (Relocation Cost)

ตัวอย่างที่ ๑

การประเมินจากต้นทุนการย้ายถิ่นฐานพบในประเทศจีน ซึ่งรัฐบาลจีนได้ตัดสินใจย้ายสถานีสูบน้ำดิบของเซี่ยงไฮ้ที่มีจำนวนประชากรประมาณ ๑๔ ล้านคน ซึ่งกำลังพบกับปัญหาในการจัดหาน้ำดื่มที่ปลอดภัย เนื่องจากตอนล่างของแม่น้ำหวงผู่มีการปนเปื้อนมลพิษจากภาคอุตสาหกรรม เรือ และสิ่งปฏิกูลจากชุมชน มีการประเมินค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีสูบน้ำดิบไปยังต้นน้ำเพื่อให้ได้น้ำที่สะอาดขึ้น ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำก่อนนำไปใช้และลดความเสี่ยงในการเกิดมลพิษครั้งใหญ่ ๆ จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกับค่าประมาณการในการขจัดมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ที่ปล่อยของเสียลงสู่แม่น้ำ หรือค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูแม่น้ำที่พบการปนเปื้อนมลพิษ แม้ว่าจะไม่ได้มีการประเมินผลกระโยชน์ของการมีแหล่งน้ำที่สะอาดปลอดภัย แต่เชื่อว่าค่าใช้จ่ายในการย้ายสถานีสูบน้ำมีค่าน้อยกว่าค่าใช้จ่ายในการทำฟื้นฟูและขจัดมลพิษ

๖. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมจากค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost)

ตัวอย่างที่ ๑ อุทยานแห่งชาติ Pic Macaya ในประเทศเฮติ

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของส่วนบริหารจัดการเขตอนุรักษ์ธรรมชาติของโครงการด้านการปกป้องคุ้มครองป่าไม้และสวนสาธารณะในประเทศเฮติ เป็นตัวอย่างของการใช้เทคนิคการประเมินค่าในสภาพแวดล้อม ที่ขาดแคลนข้อมูล ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของโครงการ คือ เพื่อปกป้องส่วนที่เหลือที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้ของเฮติ รวมถึงอุทยานแห่งชาติ Pic Macaya โดยในการปกป้องนี้มีผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในแง่ของ ๑) การปกป้องส่วนที่เหลือของป่าดิบชื้นฮิสปานิโอลันซึ่งถือเป็นสถานที่ที่มีความสำคัญระดับภูมิประเทศ ๒) รักษาศักยภาพการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ ๓) ปกป้องพื้นที่ท้ายน้ำ รวมถึงพื้นที่ที่ได้รับการจัดสรรน้ำจากการชลประทานหลักของประเทศเพื่อไม่ให้รับความเสียหายจากอุทกภัย และการทับถมของตะกอนดิน และ ๔) ช่วยควบคุมการไหลของน้ำในพื้นที่ท้ายน้ำ

ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการผลิต การปกป้องพื้นที่ต้นน้ำของอุทยานแห่งชาติ Pic Macaya จะช่วยลดความเสียหายต่อระบบชลประทานท้ายน้ำ ทั้งการตกตะกอนและปริมาณน้ำที่น้อยในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งกำลังมีการบังคับให้ปรับเปลี่ยนไปทำการเพาะปลูกแบบใช้น้ำฝนแทน และเปลี่ยนไปปลูกพืชที่มีมูลค่า

ต่ำ ผลตอบแทนที่ได้จากการเพาะปลูกแบบใช้น้ำฝนต่ำกว่าการเพาะปลูกในเขตชลประทานประมาณ ๒๐๐ – ๘๐๐ เหรียญสหรัฐ/เฮกตาร์/ปี ขึ้นอยู่กับพืชที่ปลูก ประกอบกับการประมาณผลกระทบความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐานทางชลประทาน มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์จากผลผลิตที่ลดลงถ้าเทียบกับกรณีที่ไม่มีโครงการคาดว่าอยู่ที่ ๒ – ๗ ล้านเหรียญสหรัฐ

ต้นทุนการทดแทน ต้นทุนความเสียหายต่อการชลประทาน และโครงสร้างพื้นฐานอื่นๆ ประเมินโดยใช้ค่าทดแทน ๒,๕๐๐ – ๕,๐๐๐ ดอลลาร์สหรัฐ/กม. สำหรับคลองชลประทาน และ ๓,๕๐๐ – ๗,๐๐๐ ดอลลาร์สหรัฐ/กม. สำหรับถนน ส่งผลให้ประโยชน์ที่ได้รับจากการหลีกเลี่ยงความเสียหายเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีโครงการประมาณ ๒.๕ – ๕ ล้านดอลลาร์สหรัฐ

ต้นทุนจากค่าเสียโอกาส การปกป้องอุทยานแห่งชาติ Pic Macaya ยังหมายถึง การละทิ้งการใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่เกษตรกรรมหรือการเก็บเกี่ยวประโยชน์จากไม้ยืนต้น เมื่อประเมินศักยภาพของพื้นที่อุทยาน Pic Macaya

เพื่อการเกษตรได้โดยการสมมติว่าพื้นที่ครึ่งหนึ่งของอุทยาน ประมาณ ๓,๕๐๐๐ เฮกเตอร์ เหมาะสำหรับการใช้ทางการเกษตร มูลค่าผลผลิตทางการเกษตร (ที่ถูกละทิ้ง) อยู่ที่ประมาณ ๑๗๕,๐๐๐ เหรียญสหรัฐ ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากความไม่ยั่งยืนของการเกษตร ทั้งนี้ ไม่สามารถประเมินผลประโยชน์จากเนื้อไม้ยืนต้นได้ เนื่องจากขาดข้อมูลเกี่ยวกับไม้ยืนต้น แต่คาดว่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากต้นทุนการขนส่งเนื้อไม้จากพื้นที่สูง

๗. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าอสังหาริมทรัพย์และราคาที่ดินด้วยวิธี Hedonic Price Model (HPM)

ตัวอย่างที่ ๑

เนื่องจากราคาอสังหาริมทรัพย์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ เช่น จำนวนและขนาดของบ้าน เป็นต้น ปัจจัยทางสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น การประปาและท่อระบายน้ำทิ้ง เป็นต้น ปัจจัยทางความสะดวกสบาย เช่น การตั้งอยู่ใกล้ออฟฟิส ศูนย์การค้า โรงเรียน เป็นต้น และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ดี เช่น ใกล้สวนสาธารณะ คุณภาพอากาศดี เป็นต้น เนื่องจากบ้านแต่ละหลังมีความแตกต่างกันตามปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านมูลค่าอสังหาริมทรัพย์ จึงมีการนำแบบจำลองทางสถิติมาอธิบาย ความสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความชัดเจนขึ้น โดยแบบจำลองประเมินมูลค่าอสังหาริมทรัพย์และราคาที่ดิน (Property and Land Value Model) มี ๒ ขั้นตอน ดังนี้

๑) การหาค่าสัมประสิทธิ์ของ Hedonic Price Function สำหรับการอธิบายราคาบ้าน (P_{hj})

จากปัจจัยตัวแปร ๓ กลุ่ม คือ ลักษณะของบ้าน (Si) ลักษณะของชุมชน (Ni) และคุณภาพสิ่งแวดล้อม (Q_{ij}) Hedonic Price Function จะแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลในการกำหนดราคาบ้าน

$$P_{hj} = f\left(S_i, N_i, Q_{ij}\right) \qquad \text{(สมการที่ ๑)}$$

ผู้ประเมินจำเป็นต้องประมาณค่าสัมประสิทธิ์ Hedonic Price Function หลาย ๆ สมการ เพื่อให้สามารถคำนวณราคาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (Pqij) ได้จำนวนมากพอที่จะใช้สร้างอุปสงค์ของคุณภาพสิ่งแวดล้อมในสมการที่ ๒ โดยพิจารณาว่าเมื่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของเมือง i เปลี่ยนไปแล้วนั้นจะทำให้ราคาบ้าน (Phj) เปลี่ยนไปเท่าใดหรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_{qij} = \frac{\partial P_{hj}}{\partial Q_{ij}} \qquad \text{(สมการที่ ๒)}$$

๒) การหาค่าสัมประสิทธิ์ของ Demand Function สำหรับการประมาณการอุปสงค์ของคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากราคาสิ่งแวดล้อมของเมืองต่าง ๆ ที่คำนวณได้ในขั้นตอนแรก (Pqij) จากข้อมูลระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแต่ละเมือง (Qij) และข้อมูลเศรษฐกิจสังคมของเมืองนั้น ๆ (Aij) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_{qij} = f(Q_{ij}, A_{ij}) \qquad \text{(สมการที่ ๓)}$$

มูลค่าของคุณภาพสิ่งแวดล้อมสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ ซึ่งในการหามูลค่ารวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและปริมาณสิ่งแวดล้อม สามารถหาได้โดยรวมผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในเมืองต่าง ๆ วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ ในกรณีที่ที่ตั้งของที่ดินและทรัพย์สินอยู่ในบริเวณเขตธุรกิจการค้า เขตอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูง หรือเขตเศรษฐกิจพิเศษที่มีการดึงดูดหรือเป็นปัจจัยเฉพาะของการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างจากแหล่งที่อยู่อาศัย วิธีนี้จึงอาจไม่เหมาะสมในการนำมาประเมิน เช่น นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เป็นต้น

นอกจากจะใช้ราคาอสังหาริมทรัพย์และราคาที่ดินเป็นตัวแทนในการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในบางกรณีอาจใช้ความแตกต่างในค่าจ้างเป็นตัวแทนวัดมูลค่าคุณภาพและความปลอดภัยของงานที่ทำ ทั้งนี้ในหลักเศรษฐศาสตร์ความต่างของอัตราค่าจ้างมีนัยกับลักษณะของงาน งานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพที่สกปรก หรือส่งกลิ่นเหม็นรำคาญ มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เช่น งานกำจัดขยะมูลฝอยชุมชน ดังนั้นควรมีอัตราค่าตอบแทนที่สูงเพื่อดึงดูดให้คนมาทำงานเหล่านี้

งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้วิธี Hedonic Pricing Model (HPM) สำหรับประเมินราคาโครงการอาคารชุดพักอาศัยระดับหรูหรามีจำนวนเพิ่มขึ้นในปัจจุบันและพัฒนาเป็นอาคารสูงตามแนวรถไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านลักษณะทางกายภาพของโครงการ ได้แก่ สิ่งอำนวยความสะดวกและขนาดพื้นที่ คุณลักษณะสภาพแวดล้อม และคุณลักษณะทำเลที่ตั้ง ที่มีผลต่อการตั้งราคาขาย โดยโครงการกรณีศึกษา คือ โครงการที่มีระยะการเดินจากสถานีรถไฟฟ้า (BTS) สายสีเขียวอ่อน ในระยะไม่เกิน ๕๐๐ เมตร และเป็นโครงการอาคารชุดพักอาศัยระดับหรูหรา ในช่วงราคา ๑๗๐,๐๐๐ – ๒๕๐,๐๐๐ บาทต่อตารางเมตร ที่เปิดขายในช่วงปี พ.ศ. ๒๕๕๙ – ๒๕๖๑ กลุ่มประชากรที่ศึกษาอาคารชุดพักอาศัย ๕ โครงการ ประกอบด้วยจำนวนห้องชุด ๓๓๙ ห้อง โดยมีตัวแปรอิสระที่มีผลต่อราคาขายห้องชุด ๒๗ ตัวแปร และศึกษาด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Pearson correlation) และการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression) ตามวิธีของแบบจำลองราคา HPM

ผลการศึกษาจากแบบจำลองราคาฮีดอนิค พบว่า ในด้านทำเลที่ตั้ง ตัวแปรที่มีผลต่อ ราคาขายมากที่สุด คือ ตำแหน่งชั้นของห้องชุด ระยะทางจากสถานีรถไฟ และการเชื่อมต่อของถนน ในด้านสภาพแวดล้อม ตัวแปรที่สำคัญ คือ วิวทางทิศตะวันตก ในด้านพื้นที่ใช้สอยภายในโครงการ ตัวแปรที่สำคัญ

คือ จำนวนชั้นทั้งหมด ขนาดพื้นที่ออกกำลังกาย จำนวนที่จอดรถ ขนาดสวน จำนวนห้องนอน จำนวนห้องน้ำ และขนาดระเบียง และเมื่อเปรียบเทียบราคาที่ได้จากแบบจำลองและราคาขายของโครงการอื่นในบริเวณพื้นที่ศึกษาของโครงการอาคารชุดพักอาศัยระดับหรูหราในพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน พบว่า มีราคาขายใกล้เคียงกับราคาขายจริงโดยมีความแตกต่างอยู่ในช่วงร้อยละ ๑๑.๗ (นุสรพร นัสบุสย์, ๒๕๖๐)

๘. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านค่าจ้างในการทำงาน

ตัวอย่างที่ ๑

การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านค่าจ้างในการทำงานโดยการใช้แบบจำลอง Wage Differential Model เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราค่าจ้างกับระดับความเสี่ยงที่เกิดจากการทำงาน (wage – risk analysis) มีแนวทางเช่นเดียวกับแบบจำลองราคาอสังหาริมทรัพย์และราคาที่ดิน คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าจ้าง (ตัวแปรตาม) และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อความแตกต่างของค่าจ้าง เช่น ลักษณะส่วนบุคคลของแรงงาน ลักษณะงาน และความเสี่ยงที่เกิดจากงานที่มีต่อสุขภาพ เป็นต้น สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$W = W(J, R, T) \qquad \text{(สมการที่ ๔)}$$

โดย

W = อัตราค่าจ้างที่จ่ายให้กับงาน

J = ลักษณะบางประการที่เกี่ยวข้องกับงาน เช่น ประสบการณ์ที่เคยทำงานประเภทดังกล่าว จำนวนวันหยุดนักขัตฤกษ์ การจ่ายเงินชดเชยเมื่อเจ็บป่วยเนื่องจากงาน เป็นต้น

R = ความเสี่ยงต่อการตายเนื่องจากงาน

T = ความชำนาญที่ต้องการสำหรับงาน

และมีการใช้แบบจำลองทางสถิติเพื่อหาค่าอนุพันธ์บางส่วน (Partial Differential) ของอัตราค่าจ้าง (W)เมื่อเทียบกับความเสี่ยง (R) จะแสดงการประมาณค่าความเต็มใจจะรับเงินค่าชดเชย (Willingness to Accept) หากความเสี่ยงในการตายเพิ่มสูงขึ้นไปอีกระดับหนึ่ง

๙. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมผ่านค่าจ้างในการทำงาน

ตัวอย่างที่ ๑

มนัสนันท์ เนียมศรี และกนกวรรณ จันทร์เจริญชัย (๒๕๕๕)ได้จัดทำงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมูลค่าชีวิตเชิงสถิติ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อลดความเสี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นของเกษตรกรผู้ใช้สารสารเคมีทางการเกษตรโดยการสมมติเหตุการณ์ ประมาณค่าสูงสุดและต่ำสุดของความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากสารเคมีทางการเกษตรจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้เพาะปลูกส้มโอด้วยรูปแบบคำถามปลายปิดแบบเสนอราคาสองครั้ง ผลการศึกษาพบว่ามูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรมีค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐาน เท่ากับ ๗๕๒.๕๖ และ ๖๑๒.๔๐ บาทต่อครัวเรือนต่อปี และคำนวณมูลค่าชีวิตเชิงสถิติคำนวณจากค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานได้ประมาณ ๑๗.๘๗ ล้านบาทต่อครัวเรือนต่อปี และ ๑๔.๕๔ ล้านบาทต่อ

ครัวเรือนต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมูลค่าชีวิตเชิงสถิติสะท้อนถึงต้นทุนทางสุขภาพที่แท้จริงของเกษตรกรจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร จึงมี ข้อเสนอให้รัฐและองค์กรที่เกี่ยวข้องสนับสนุนให้ความรู้เพื่อให้เกษตรกรตระหนักถึงต้นทุนที่ไม่ใช่ตัวเงินเพื่อส่งเสริมให้ลดการใช้สารเคมี

๑๐. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนค่าเดินทาง (Travel Cost Method)

ตัวอย่างที่ ๑

วิธี TCM มีข้อจำกัด คือ ใช้ได้เฉพาะการวัดมูลค่าที่ใช้ประโยชน์ (Use Value) ทั้งนี้ TCM ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทาง กล่าวคือ สินค้าเชิงนันทนาการและการเดินทางเป็นสิ่งที่ต้องใช้ประกอบกัน หากค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูง ประชาชนก็จะไม่เดินทางมายังสถานที่ท่องเที่ยวนั้นๆ ประเภทของวิธี TCM มี ๒ ประเภท ได้แก่ แบบจำลอง Individual Travel Cost Model (One – site Model) และแบบจำลอง Zonal Travel Cost Model ดังนี้

แบบจำลอง Individual Travel Cost Model (One – site Model) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่นักท่องเที่ยวแต่ละคนมาเที่ยวที่สถานที่ท่องเที่ยวกับค่าใช้จ่ายในการเดินทางของนักท่องเที่ยว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุปสงค์ของการเดินทางมายังแหล่งนันทนาการ เพราะเป็นวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อน โดยอุปสงค์ของการมาเที่ยว (Demand Function) หรือที่เรียกว่า Trip Generating Function (TGF) จะคิดเป็นจำนวนครั้งที่ไปแหล่งท่องเที่ยวมาจากตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รายได้ คุณภาพของสถานที่ท่องเที่ยว ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และค่าเสียโอกาสของเวลา (อัตราค่าจ้าง) ดังสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

Individual TGF เขียนได้เป็น $$V_{ij} = f\,(P_r, M_{ij}, Q_i\,)$$

โดยที่ $$\mathrm{P_r} = \mathrm{P_d d} + \mathrm{P_w}(\mathrm{t_1} + \mathrm{t_2})$$

เมื่อ V = จำนวนครั้งที่มาสถานที่ท่องเที่ยวต่อปี

M = รายได้

Q = คุณภาพของสถานที่ท่องเที่ยว

P_r = ค่าใช้จ่ายรวมในการเดินทางไปท่องเที่ยว

P_d = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อกิโลเมตร

P_w = ค่าเสียโอกาสของเวลา (อัตราค่าจ้าง)

d = ระยะทาง

t_1 = เวลาเดินทาง

t_2 = เวลาที่ใช้ ณ สถานที่ท่องเที่ยว

นอกจากรูปแบบสมการข้างต้นแล้ว ผู้ประเมินยังสามารถเพิ่มรายละเอียดให้กับสมการอุปสงค์โดยการเพิ่มตัวแปรเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวทดแทน (Substitute Sites) หรือการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสถานที่ท่องเที่ยวได้

แบบจำลอง Zonal Travel Cost Model เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่เดินทางมาจากภูมิภาคต่าง ๆ (zone h) เพื่อใช้ประโยชน์จากสถานที่ท่องเที่ยวแห่งหนึ่ง วิธี Zonal TCM เป็นวิธีที่ใช้ข้อมูลน้อยกว่าวิธี Individual TCM เพราะไม่ต้องสัมภาษณ์รายละเอียดเกี่ยวกับนักท่องเที่ยวแต่ละคน แต่จะสอบถามเพียงว่านักท่องเที่ยวมาจากภูมิภาคใด ส่วนข้อมูลรายได้ของนักท่องเที่ยวจะได้จากข้อมูลทุติยภูมิ

โดยให้ Vh เป็นจำนวนครั้งของการเดินทางมาเที่ยวสถานที่แห่งนั้นจากภูมิภาค h ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (โดยปกติมักกำหนดให้เป็นระยะเวลา ๑ ปี เพื่อความสะดวกในการคำนวณหามูลค่าของแหล่งท่องเที่ยวเป็นรายปี)

ให้ Nh เป็นจำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในภูมิภาค h และนับเป็นจำนวนประชากรของการประเมิน

ให้ Vh/Nh เป็นอัตราหรือจำนวนครั้งของการมาเที่ยวสถานที่แห่งนั้นต่อครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในภูมิภาค h ในช่วงเวลา ๑ ปี

จำนวนครั้งของการมาเที่ยวสถานที่แห่งนั้นต่อครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในภูมิภาค h (Vh/Nh) จะขึ้นอยู่กับ ๑) ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางมายังสถานที่นั้น ๆ (Ph) โดยต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับระยะทางจากบ้านมายังสถานที่ท่องเที่ยวนั้น กับเวลาที่ใช้ไปในการมาเที่ยวในครั้งนี้ ๒) ลักษณะของประชากรในภูมิภาค h (Sih) เช่น รายได้เฉลี่ย อายุเฉลี่ย เป็นต้น และ ๓) ตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ท่องเที่ยว (SUBh)

โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในสมการ (๑) และมีชื่อเรียกว่า Trip Generating Function (TGF)

$$\frac{V_h}{N_h} = f\ (P_h, S_{jh}, SUB_h) \qquad \text{สมการที่ ๑)}$$

กล่าวได้ว่า TGF เป็นฟังก์ชันอุปสงค์สำหรับสถานที่ท่องเที่ยวนั้น ๆ โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้ประเมินอาจเลือกรูปแบบสมการ TGF ที่เป็นเชิงเส้นตรง ดังนี้

$$\frac{V_h}{N_h} = \alpha + B_1 \ln P_h + B_2 \ln SUB_h + B_3 \ln Y + B_4 \ln AGE \qquad \text{สมการที่ ๒)}$$

และประเมินมูลค่าส่วนเกินผู้บริโภค (Consumer Surplus) ที่เป็นพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ทั้งหมด วิธี ZTCM เหมาะสำหรับในกรณีที่แหล่งนันทนาการสถานที่ท่องเที่ยวเป็นที่รู้จักในวงกว้าง/ผู้มาท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาจากพื้นที่ห่างไกล และอาจมีโอกาสมาเยี่ยมเยือนเพียงครั้งเดียวในชีวิต ทำให้ความถี่ของการมาท่องเที่ยวต่ำมากจนเป็นอุปสรรคต่อการประมาณค่าอุปสงค์ในการท่องเที่ยว

๑๑.ตัวอย่างกรณีศึกษาการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี Travel Cost Method : TCM และวิธีการสมมติเหตุการณ์ (Contingent Valuation Method: CVM)

ตัวอย่างที่ ๑

สุภาพร เลิศสุวรรณ (๒๕๕๙) ได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่มีการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี Travel Cost Method : TCM และวิธีการสมมติเหตุการณ์ (Contingent Valuation Method: CVM) ดังนี้

นภดล จันระวัง (๒๕๔๕) ทำการวิจัยเรื่อง การประเมินมูลค่าทางนันทนาการและมูลค่าทางเศรษฐกิจหมู่เกาะพีพี โดยใช้วิธี Travel Cost Method : TCM ในการประเมินมูลค่าทางนันทนาการ โดยสุ่มตัวอย่าง ๓๕๐ ตัวอย่าง และวิธีการสมมติเหตุการณ์ (Contingent Valuation Method: CVM) ด้วยการตั้งคำถาม แบบ Close-Ended โดยสำรวจจากกลุ่มนักท่องเที่ยวที่เคยไปหมู่เกาะพีพี ๓๕๐ ตัวอย่าง และกลุ่มที่ไม่เคยไปเที่ยวหมู่เกาะพีพี ๒๕๐ ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า มูลค่าเชิงนันทนาการของหมู่เกาะพีพี คือ ๗๒.๓๐ ล้านบาท/ปี มูลค่าปัจจุบัน เมื่อคิดลดในอัตราร้อยละ ๕ ต่อเนื่องเป็นเวลา ๓๐ ปี มีมูลค่าทั้งสิ้น ๑,๑๑๑ ล้านบาท ส่วนมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งหมดของหมู่เกาะพีพี มีมูลค่าเท่ากับ ๒๓,๕๘๙ ล้านบาท/ปี ซึ่งประกอบด้วยมูลค่าที่ใช้ประโยชน์โดยตรงทางนันทนาการของแนวปะการังเท่ากับ ๖.๘ ล้านบาท/ปี โดยมีค่า Mean Maximum ของความเต็มใจจ่ายเพื่อพัฒนา ฟื้นฟูแนวปะการังเท่ากับ ๓๓๑ บาทต่อคน ในการเข้าชม ๑ ครั้ง และมูลค่าที่ไม่ใช้ประโยชน์ของแนวปะการังเท่ากับ ๒๓,๕๘๓ ล้านบาท/ปี โดยมีค่า Mean Maximum ของความเต็มใจจ่ายเพื่อพัฒนาฟื้นฟูแนวปะการังของประชาชนที่ไม่เคยไปเที่ยวเท่ากับ ๗๐๖ บาท/คน/ปี

วิโรจน์ โรจนจินดา (๒๕๔๕) ทำการวิจัยเรื่อง การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท โดยใช้วิธี Travel Cost Method: TCM ในการหามูลค่านันทนาการ ความเต็มใจจ่ายของนักท่องเที่ยวจากการตอบสนองต่อค่าใช้จ่ายในการเดินทางและวิธี Contingent Valuation Method: CVM ประเมินจากการสัมภาษณ์นักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทจำนวน ๔๓๓ คน ผลการศึกษาพบว่ามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทโดยใช้วิธีTCM เท่ากับ ๘.๖๒ ล้านบาท และวิธี CVM มีมูลค่าเท่ากับ ๗๒๘,๖๓๔ บาท

วชิราภรณ์ ทองสุขนาม (๒๕๕๐) ทำการวิจัยเรื่อง การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในการอนุรักษ์อุทยาน แห่งชาติลำน้ำกกในจังหวัดเชียงราย โดยใช้วิธีการสมมติเหตุการณ์ (Contingent Valuation Method: CVM) แบบ Open-Ended Single Bid ในการสอบถามนักท่องเที่ยวชาวไทยที่มาเที่ยวชมจำนวน ๔๐๐ ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ความเต็มใจจ่ายด้วยแบบจำลอง Tobit โดยวิธีการประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) จาก ๒ สถานการณ์คือ วิธีป้องกัน และวิธีฟื้นฟู ผลการศึกษาพบว่า นักท่องเที่ยวต่างชาติมีความเต็มใจจ่ายในวิธีป้องกัน วิธีที่ ๑ เท่ากับ ๓๓๑.๒๐ บาทต่อปี มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ ๖๙,๖๐๕,๙๕๘ บาทต่อปี โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่าย ได้แก่

เพศ สถานภาพ ระดับการศึกษา รายได้ การเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ จำนวนสถานที่ที่เคยไป และการกลับมาเที่ยวอีกครั้ง วิธีป้องกันวิธีที่ ๒ เท่ากับ ๒๗๘.๕๗ บาทต่อปี มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ ๕๘,๕๔๕,๑๐๖.๙๑ บาทต่อปี โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่าย ได้แก่ เพศ สถานภาพ ระดับการศึกษา รายได้ จำนวนสมาชิกในครอบครัว การเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ จำนวนสถานที่ที่เคยไป และการกลับมาเที่ยวอีกครั้ง ส่วนวิธีฟื้นฟู วิธีที่ ๑ เท่ากับ ๒๓๘.๔๘ บาทต่อปี มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ ๕๐,๑๑๙,๖๗๒.๒๔ บาทต่อปี โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่าย ได้แก่ เพศ สถานภาพ ระดับการศึกษา รายได้ การเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ และจำนวนสถานที่ที่เคยไป วิธีฟื้นฟู วิธีที่ ๒ เท่ากับ ๒๑๘.๙๒ บาทต่อปี มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ ๔๖,๐๐๘,๘๘๓.๙๖ บาทต่อปี โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่าย ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา รายได้ จำนวนสมาชิกในครอบครัว การเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ จำนวนสถานที่ที่เคยไป และการกลับมาเที่ยวอีกครั้ง

Naeem Ur Rehman Khattak and Suleman Amin (2013) ทำการวิจัยเรื่องการประเมินมูลค่าความเต็มใจจ่ายของประชาชนในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมที่ได้รับอันตรายจากขยะมูลฝอย เมืองเปชาวาร์แคว ไคเบอร์ปัคตุนควา ประเทศปากีสถาน โดยใช้วิธี Contingent Valuation Method: CVM และใช้แบบจำลอง Binomial Logit ในการประเมินหาค่า โดยทำการเก็บข้อมูลจากสมาชิกตัวอย่างครัวเรือน ๒๒๕ ตัวอย่าง ที่อาศัยใน ๒๕ เขตของสภาเมืองเปชะวาร์ ผลการศึกษาพบว่า ๖๑ ครัวเรือนจาก ๒๒๕ มีความเต็มใจจ่ายเป็นมูลค่าเท่ากับ ๖๖.๗๖ บาท/เดือน เพื่อใช้ในการกำจัดปัญหาขยะมูลฝอย จำนวน ๒๒ ครัวเรือน มีความเต็มใจจ่ายเป็นมูลค่าเท่ากับ ๑๐๐.๑๓ บาท/เดือน และจำนวน ๑๗ ครัวเรือน มีความเต็มใจจ่ายเป็นมูลค่า ๐.๑๓ บาท/เดือน ในการกำจัดขยะมูลฝอยที่จะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเต็มใจจ่าย ได้แก่ รายได้ของครัวเรือน ประวัติการรักษาโรคของครัวเรือน ระดับการศึกษา และจำนวนสมาชิกในครอบครัว นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างร้อยละ ๗๑ มีความเต็มใจหากการจัดการนั้นถูกบริหารจัดการโดยภาคเอกชน

๑๒. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนการย้ายถิ่นฐาน (Relocation Cost)

ตัวอย่างที่ ๑

ลักษณะ	ทางเลือก		
	สถานการณ์ปัจจุบัน	ทางเลือกที่ ๑	ทางเลือกที่ ๒
จำนวนวันที่เจ็บป่วย (วัน)	๔	๓	๒
ระยะทางของทัศนวิสัยที่มองเห็นได้ (เมตร)	๑๐	๓๐	๕๐
ความเต็มใจที่จะจ่าย (บาท/ปี)	๐	๑๐๐	๕๐๐
คุณเลือกทางเลือกใด	-	-	-
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (๒๕๖๐)			

๑๓. ตัวอย่างการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากต้นทุนการบำบัดฟื้นฟู (Restoration/Remediation Cost)

ตัวอย่างที่ ๑ ค่าใช้จ่ายในการบำบัดฟื้นฟูตะกอนดินปนเปื้อนตะกั่วที่ลำห้วยคลิตี้ จังหวัดกาญจนบุรี

การดำเนินการ	บาท	
การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่		
ปี ๒๕๕๐ – ๒๕๕๕	๑,๐๔๖,๕๗๖	
ปี ๒๕๕๗ – ๒๕๖๐	๖,๔๖๕,๒๒๕.๖๐	
ปี ๒๕๖๒ – ๒๕๖๕	๒,๒๕๗,๔๘๕	
การวิเคราะห์ตัวอย่าง	**คพ.**	**เอกชน**
ปี ๒๕๕๐ – ๒๕๕๕	๖๐๑,๐๘๐	-
ปี ๒๕๕๗ – ๒๕๖๐	๗๙๓,๔๐๐	๖๔๐,๖๐๙
ปี ๒๕๖๒ – ๒๕๖๕	๕๕๔,๗๙๐	๔๗๒,๑๒๐
การดำเนินการดูดตะกอนและนำไปฝังกลบ		
ค่าจ้างศึกษาขอบเขตความรุนแรงของการปนเปื้อนตะกั่วและความเป็นไปได้ในการฟื้นฟูลำห้วยคลิตี้	๕,๔๙๕,๕๐๐	
ค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูลำห้วยคลิตี้ ระยะที่ ๑ - ค่าสำรวจวางแผนการดำเนินงาน - ค่าก่อสร้างหลุมฝังกลบแบบปลอดภัย - ค่าก่อสร้างฝายดักตะกอน - ค่าขุดลอกตะกอน - ค่าถุง Geotextile สำหรับบรรจุตะกอน - ค่าขนส่งตะกอนไปยังหลุมฝังกลบ	๔๕๖,๗๔๕,๘๒๐.๑๗	
ค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูลำห้วยคลิตี้ ระยะที่ ๒ - ค่าสำรวจวางแผนการดำเนินงาน - ค่าขุดลอกตะกอน - ค่าถุง Geotextile สำหรับบรรจุตะกอน - ค่าขนส่งตะกอนไปยังหลุมฝังกลบ	๒๐๔,๙๙๐,๐๐๐	

ตัวอย่างการประเมินมูลค่าบางประการของสัตว์ป่าทางเศรษฐศาสตร์: กรณีศึกษานกแว่นสีเทาเพื่อเป็นต้นแบบในการประเมินมูลค่าสัตว์ป่า ตาม พรบ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. ๒๕๖๒

ตัวอย่างที่ ๑

สมหญิง ทัฬหิกรณ์ (๒๕๖๔) ได้ทำการศึกษานกแว่นสีเทาเพื่อการประเมินมูลค่าสัตว์ป่าตาม พรบ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. ๒๕๖๒ ซึ่งเป็นเทคนิควิธีการ ประเมินมูลค่าผ่านค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุน ๒ ประการ โดยผลของการศึกษาพบว่า (๑) ค่าใช้จ่ายต้นทุนการฟื้นฟู ทดแทน (Replacement cost; R) พิจารณาจากต้นทุนค่าจ้างผู้ดูแล ค่าอาหาร ค่าเวชภัณฑ์และยา ค่าตรวจคัดกรองโรค ค่าวัสดุคงทน ค่าบำรุงรักษา (๒) มูลค่าที่เกิดจากการเสียโอกาส (Opportunity value: O) ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณา ค่าเสียโอกาสจากการเป็นพ่อ –แม่พันธุ์ของนกแว่นสีเทา ในระยะเวลาที่ฟื้นฟูทดแทนนกแว่นสีเทาให้กลับคืนมาซึ่งมีระยะเวลา ๓ ปี ประเมินจากอัตราการรอดตายในธรรมชาติประเมินได้ว่าเสียโอกาสในการได้ลูกนกแว่นสีเทา โดยสมการในการประเมินมูลค่า บางประการทางเศรษฐศาสตร์ของนกแว่นสีเทา คือ R + O = มูลค่ารวมนกแว่นสีเทาจากการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งมีผลการศึกษา (ตารางที่ ๑) ดังนี้

ตารางที่ ๑ มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของนกแว่นสีเทา

ลำดับที่	ประเภทมูลค่า	วิธีการประเมิน	กิจกรรม	บาท/ตัว/ปี
๑	**มูลค่าจากการใช้ประโยชน์ทางตรง**	ต้นทุนค่าใช้จ่ายเพื่อการทดแทนฟื้นฟู	ค่าจ้างผู้ดูแล ค่าอาหาร ค่าเวชภัณฑ์และยาค่าตรวจคัดกรองโรค ค่าวัสดุคงทน ค่าบำรุงรักษา	๒,๘๕๐ ๒,๙๒๐ ๕,๐๐๐ ๑,๐๐๐ ๓,๐๐๐
			ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงสาธารณูปโภค (กิโลเมตรละ ๔ บาท ตามระยะทางจากสถานีเพาะเลี้ยงที่ใกล้ที่สุดถึงพื้นที่เกิดเหตุ)	
ต้นทุนการใช้จ่ายในการดูแลนกแว่นสีเทา ๑ ปี				**๑๔,๗๗๐**
ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดูแลนกแว่นสีเทาถึงตัวเต็มวัย ๓ ปี				**๔๔,๓๑๐**
ลำดับที่	**ประเภทมูลค่า**	**วิธีการประเมิน**	**กิจกรรม**	**บาท/ตัว/ปี**
๒	**มูลค่าจากการใช้ประโยชน์มูลค่าทางอ้อม**	ค่าเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์จากบทบาทหน้าที่ของนก	ประเมินจากค่าเสียโอกาสในการที่นกแว่นสีเทาจะให้ลูกในช่วง	= ๑,๕๐๐ บาท x ๒ ตัว

		แว่นสีเทาในระบบนิเวศ	ระยะเวลา ๓ ปี ระหว่างที่รอการทดแทน ฟื้นฟู และประเมินจากอัตราการรอดตายของลูกนกในธรรมชาติในอัตราร้อยละ ๕๙ ดังนั้นในระยะ ๓ ปี นกแว่นสีเทาจะสามารถให้ลูกได้อย่างน้อย = ๓ x ๐.๕๙ ตัว คิดเป็น ๑.๗๗ ตัว (เกิน ๐.๗๕ ปัดเป็น ๒ ตัว)	= ๓,๐๐๐ บาท
๓	**มูลค่าที่เกิดจากการเสียโอกาสการใช้ประโยชน์นกแว่นสีเทา**	ทำแบบสอบถามประเมินความเต็มใจที่จะจ่ายที่จะอนุรักษ์นกแว่นสีเทา (willingness to pay: WTP)	วิธีการนี้มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการทำแบบสอบถามจะใช้วิธีการนี้เฉพาะสัตว์ที่อยู่ใน Endangere และ critical endangered หรือเป็นสัตว์ป่าสงวน	
		มูลค่ารวมนกแว่นสีเทาจากการประเมินทางเศรษฐศาสตร์	= ๔๔,๓๑๐ + ๓,๐๐๐ = ๔๗,๓๑๐ (สี่หมื่นเจ็ดพันสามร้อยสิบห้าบาท) + ค่าใช้จ่ายในการปล่อยคืนสู่พื้นที่ตามระยะทาง	

ซึ่งวิธีการนี้เหมาะกับสัตว์ที่ทราบอัตราการรอดตายในธรรมชาติ และทราบราคาลูกสัตว์และควรเป็นสัตว์ที่อยู่ในสถานภาพมีความเสี่ยงน้อย (Least concern) หรือไม่ถูกจัดอยู่ในบัญชีสัตว์ป่าเสี่ยงถูกคุกคาม

เอกสารอ้างอิง

กำธร ธรรมพิทักษ์ และอัครพงศ์ อั้นทอง. (๒๕๕๔). *การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางนันทนาการของพื้นที่ชุ่มน้ำหนองเล็งทราย.* Journal of Economics, Vol. 15 No. 2 (2011): กรกฎาคม – ธันวาคม ๒๕๕๔.

นุสรพร นัสบุสย์. (๒๕๖๐). *การประยุกต์ใช้แบบจำลองราคาเพื่อการตั้งราคา ที่เหมาะสมในการพัฒนาโครงการอาคารชุดพักอาศัย ระดับหรูหราในเขตกรุงเทพมหานคร.* วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุติกุล และคณะ. (๒๕๕๐). *แบบจำลองมูลค่าความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศป่าต้นน้ำ.* ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ

มนัสนันท์ เนียมศรี และกนกวรรณ จันทร์เจริญชัย. (๒๕๕๕). *การประเมินมูลค่าชีวิตเชิงสถิติจากการใช้สารเคมีทางการเกษตร ของเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอ: กรณีศึกษา จังหวัดพิจิตร (A Value of Statistical Life Due to Chemical Substance Application: A Case Study of Pomelo Farmers in Phichit Province).* วารสารวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ ๗ เล่มที่ ๑ (เดือนตุลาคม ๒๕๕๔ – เดือนมีนาคม ๒๕๕๕).

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (๒๕๖๐). *มูลค่าทางเศรษฐกิจและการประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Economic Values and Environmental Valuation Methods).* แหล่งอ้างอิง https://www.stou.ac.th/ stouonline/lom/data/sec/Lom21/02-01-01.html. สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๖ ธันวาคม ๒๕๖๕

สุภาพร เลิศสุวรรณ์. ๒๕๕๙. *การศึกษาความเต็มใจจ่ายของนักท่องเที่ยวเพื่อการอนุรักษ์อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน.* วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โสภณ พรโชคชัย. ๒๕๖๔. *อสังหาช็อกหมิงตี้เอฟเฟ็กต์ ด้อยค่า 5% - ยันทำเลไม่ตาย.* แหล่งอ้างอิง https://www. prachachat.net/property/news-710489. สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๓ มกราคม ๒๕๖๖.

อดิศร์ อิสรางกูร ณ อยุธยา. (๒๕๔๒). *การประเมินมูลค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: คืออะไร ทำอย่างไร และทำเพื่อใคร.* คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ, อันดับที่ ๓๒๗๙.

สมหญิง ทัฬหิกรณ์. ๒๕๖๔. โครงการประเมินมูลค่าบางประการของสัตว์ป่าทางเศรษฐศาสตร์: กรณีศึกษานกแว่นสีเทาเพื่อเป็นต้นแบบ ในการประเมินมูลค่าสัตว์ป่า ตาม พรบ. สงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. ๒๕๖๒. หน้า ๑๐๙ -๑๒๕. ใน ผลงานวิจัยและ รายงานความก้าวหน้างานวิจัย ประจำปี ๒๕๖๓. กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและ พันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

Lee, R. (1980). *Forest Hydrology*. Columbia University Press. New York. 349 p.

API. (2002). *Evaluation and Comparison of Habitat and Resource Equivalency Analysis as Used to Conduct OPA NRDA*. American Petroleum Institute. Washington, DC.

Baimai, C. (2017). Production management of One Tambon One Product: A case study of a weaving group in Tong Fai village, Mae Chaem District, Chiang Mai. *Journal of Business, Economics and Communications, 12(2), 35-50*.

Dixon, J.A., L.F. Scura, R.A. Carpenter, and P.B. Sherman. (1994). *Economic Analysis of Environmental Impacts.* London: Earthscan.

Bookaew, S. (2009). *Use value evaluation of non-timber forest products from Khokyai community forest, Wapeepratum district, Mahasarakam province*. (Master's Thesis, Mahasarakam University, Thailand).

OECD. (2012). *Liability for Environmental Damage in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia (EECCA): Implementation of Good International Practices*. Organization for Economic
Co-operation and Development, Paris.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (1997a). *Scaling Compensatory Restoration Action: Guidance Document for Natural Resource Damage Assessment under the Oil Pollution Act of 1990*. Damage Assessment and Restoration Program. Retrieved on January 2023 from URL: www.darrp.noaa.gov/library/pdf/scaling.pdf.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (1997b). *Habitat Equivalency Analysis: An Overview*. Washington, DC: NOAA Damage Assessment and Restoration Program, NOAA Retrieved on January 2023 from URL: http://www.darrp.noaa.gov/library/pdf/heaoverv.pdf.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2006). *Habitat Equivalency Analysis: An Overview, Policy and Technical Paper Series, No. 95-1*. Retrieved on January 2023 from URL: www.darrp.noaa.gov/library/pdf/ heaoverv.pdf.

Nunthasen, K., & Nunthasen, K. (2019). Consumptive Use Value of Indigenous Plants. *WMS Journal of Management, Walailak University, Vol.8 No.2 (Apr – Jun 2019): p18 - 29*.

Ray, G.L. (2008). *Habitat Equivalency Analysis: A Potential Tool for Estimating Environmental Benefits*. ERDC TN-EMRRP-EI-02. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Research and Development Center. Retrieved on January 2023 from URL: *https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA475708.pdf*.

REMEDE. (2007). *Review Report on Resource Equivalence Methods and Applications, Deliverable No. 6A*, prepared by Stratus Consulting, Inc. under the "Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU" (REMEDE) project, European Commission, Brussels, 12.07.2007. Retrieved on January 2023 from URL: www.envliability.eu.

Yotapakdee, T. (2014). *Economic evaluation of non-timber forest products for benefits from Omkoi National Forest Reserve, Chiang Mai province*. Area Based Development Research Journal, 6(4), 23- 41.

World Bank. (1994). *Chile: Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues.* Report No.13061-CH. Washington: World Bank.

World Bank. (1998). *Economic Analysis and Environmental Assessment*. Environmental Sourcebook Update No. 23. Washington: World Bank.