

GAMTINIO KAPITALO INTEGRAVIMAS Į SPRENDIMŲ PRIĖMIMĄ: INTEGRUOTAS EKOSISTEMŲ PASLAUGŲ VERTINIMAS

Arnas Palaima

Ekologinės ekonomikos inovacijų centras, JAV, arnas.palaima@eeicentras.org

Pranas Mierauskas

Mykolo Romerio universiteto Viešojo administravimo institutas, Lietuva, mierauskas@mruni.eu

doi:10.13165/ST-13-3-1-10

Santrauka

Tikslas – straipsnio tikslas yra apžvelgti vyraujančias ekosistemų paslaugų vertinimo paradigmas, jų spragas, naujausius tų spragų šalinimo pasiekimus bei smulkiau įvertinti perspektyvią integruoto ekosistemų vertinimo sistemą InVEST.

Metodologija – pasirinkta metodologija yra pagrįsta literatūros apžvalga ir kritine analize.

Rezultatai – pastaruoju metu akivaizdžiai keičiasi žmonių mąstymas apie gamtą ir darnų vystymąsi, tačiau esminis šiandienos iššūkis yra pereiti nuo idėjų prie veiksmų plačiu mastu. Norint integruoti ekosistemų teikiamas paslaugas, kurios yra apibūdinamos kaip ekosistemų sąlygos ir procesai, prisidedantys prie žmogaus gerovės, kasdieniams sprendimams politiniui, ekonominiui ir aplinkos valdymo lygiu, reikia sisteminio metodo, kuris padėtų nustatyti tų paslaugų vertę ir tos vertės pokytį, atsirandantį dėl žmogaus veiklos. Priešingai nei gerai išvystyti metodai, taikomi matuoti ekonominių prekių ir paslaugų vertę, metodai, kurie kiekybiškai ir integruotai vertina ekosistemų teikiamų paslaugų vertę, tik atsiranda. Dėl trūkstamos įvertinimo metodologijos daugumoje pasaulio šalių ekosistemų teikiamų paslaugų vertė yra nepakankamai įvertinama ir inkorporuojama į sprendimų priėmimą. Prieš keletą metų JAV pradėta kurti InVEST sistema yra atviros prieigos modeliavimo sistemos pavyz-

dys bei „ekologinės produkcijos funkcijos“ metodas, labai tinkamas integruotam ekosistemų teikiamų paslaugų kiekybiškam įvertinimui. InVEST yra geografinių informacinių sistemų (GIS) modelių rinkinys, kuris numato ir kiekybiškai įvertina ekosistemų teikiamas paslaugas panaudodamas regiono biofizinę, ekonominę ir institucinę informaciją.

Praktinė reikšmė – InVEST, metodiškai ir nuosekliai panaudojama, gali suteikti tvirtą pagrindą vietiniams gamtos išteklių valdytojams pagerinti ir optimizuoti savo aplinkosauuginio valdymo strategijas.

Originalumas / vertinumas – straipsnyje atlikta literatūros apžvalga ir kritinė analizė leidžia įvertinti naujausias mokslines integruoto ekosistemų paslaugų modeliavimo kryptis bei susipažinti su perspektyvia atviros prieigos modeliavimo sistema InVEST.

Raktažodžiai: ekosistemų paslaugos, InVEST, modeliavimas, darnus vystymasis, GIS, ekologinė ekonomika, gamtinis kapitalas.

Tyrimo tipas: literatūros apžvalga.

1. Įvadas

Sąveikaudamos tarpusavyje, biologinės rūšys sukuria sudėtingas ekosistemas, kurios savo ruožtu atlieka įvairias funkcijas (pvz., anglies dvideginio sugėrimas ir deguonies išskyrimas į atmosferą). Kai šios funkcijos yra naudingos žmonėms, jos yra vadinamos ekosistemų paslaugomis. Daugelis ekosistemų paslaugų yra esminės žmonių išgyvenimui. Dažnai ekosistemų teikiamos paslaugos yra sulyginamos su gamtinio kapitalo sąvoka ir yra apibrėžiamos kaip ekosistemų sąlygos ir procesai, prisidedantys prie žmogaus gerovės (Costanza and Daly, 1992).

Nors rimtai susirūpinta dėl baigtinių išteklių išsekimo ir kaip tai paveiks ekonominį vystymąsi, žymiai pavojingesnė problema yra ekosistemų, teikiančių žmonijai paslaugas, išsekimas ir sunaikinimas (Kareiva et al., 2011). Dėl netvaraus žmonijos ekonominio vystymosi šiuo metu Žemėje vyksta ekosistemų degradacija ir masinis rūšių išnykimas, didėja tarša, išgaudoma per daug žuvų, vyksta dirvožemio erozija, plečiasi dykumos, prarandami miškai, mažėja gėlo vandens ištekliai (MA, 2005). 2012 metais Pasaulio gamtos fondas (WWF) išleido studiją (Living Planet Report, 2012), kurioje nurodė, kad žmonijos bendri poreikiai apie 1980 metus pirmą kartą viršijo Žemės atkuriančiąją galią. 2008 metų duomenimis, pasauliniai žmonijos poreikiai Žemės atkuriančiąją galią viršijo 30 %. Tai reiškia, kad žmonija savo šiandieninius poreikius patenkina vartodama planetos kapitalą (vartodama santaupas vietoj santaupų palūkanų), tokiu būdu judėdama link katastrofos, kai kapitalas bus išnaudotas.

Per pastutinius du dešimtmečius buvo nemažai pasiekta atkreipiant dėmesį į tai, kaip gamtinės ekosistemos teikia paslaugas žmonių visuomenei ir kaip tų paslaugų vertei gali būti suteikiama ekonominė vertė (Palaima, 2012; Kareiva et al., 2011; Daily et al., 2009; Tallis et al., 2009). Norint integruoti ekosistemų teikiamas paslaugas

į politinius, ekonominius ir aplinkos valdymo sprendimus yra būtina turėti analitinius sisteminius metodus, kurie padėtų nustatyti tų paslaugų kiekybinę vertę ir tos vertės pokytį, atsirandantį dėl žmogaus veiklos. Priešingai nei gerai išvystyti tradiciniai analitiniai metodai, kurie yra taikomi matuoti ekonominių prekių ir paslaugų vertę, metodai, skirti ekosistemų teikiamoms paslaugoms matuoti, yra arba visiškai nerealistiški ir neatspindintys tikrovės, arba per daug sudėtingi ir reikalaujantys ypatingai daug pastangų ir specializuotų žinių. Esant tinkamų metodų trūkumui, dažnai vyriausybė, verslas ar visuomenė pasikliauna kokybiniais arba intuicija grįstais ekosistemų teikiamų paslaugų bei jų pokyčio dėl žmogaus veiklos vertinimo kriterijais. Neretai toks vertinimas yra klaidingas ir veda prie nepakankamo arba visiško natūralaus kapitalo nevertinimo ir sistemingo jo naikinimo Ponzi schemos principu. Todėl nuolatini yra prarandami gamtiniai išteklių ir biologinė įvairovė (MA, 2005).

Šiuo metu yra dvi vyraujančios koncepcinės ekosistemų teikiamų paslaugų vertinimo paradigmos. Pagal pirmąją paradigmą tyrėjai naudoja plataus masto daugelio paslaugų vertinimą vienu metu ir ekstrapoluoja kelių vertinimų rezultatus, pagrįstus buveinių tipais, visam regionui ar net visai planetai (pvz., Costanza et al., 1997). Iš principo paprastas šis „vertės perkėlimo“ metodas laikosi nerealistiškos prielaidos, kad kiekvienas buveinės hektaras yra visiškai vienodos vertės – neatsižvelgiant į jo kokybę, retumą, erdvinį išsidėstymą, dydį, atstumą nuo populiacijos centro arba vyraujančių socialinių veiklų ir verčių. Taip pat ši paradigma neleidžia analizuoti teikiamų paslaugų ir jų vertės pokyčių atsiradus naujoms sąlygoms.

Pagal antrąją paradigmą tyrėjai modeliuoja vienos paslaugos teikimą nedideliame plote su „ekologinės produkcijos funkcija“, kaip tos paslaugos teikimas priklauso nuo vietinių ekologinių ir geografinių kintamųjų (Kaiser and Roumasset, 2002; Ricketts et al., 2004). Toks modeliavimas taip pat gali naudoti rinkos kainas ir taikyti ne rinkos vertinimo metodus. Įvertinama ekosistemos teikiamos paslaugos ekonominė vertė ir kaip ta vertė kinta skirtingomis ekologinėmis sąlygomis. Nors ši metodika yra pranašesnė už prieš tai minėtąją, lig šiol atliktos studijos turi trūkumų pagal savo apimtį (paslaugų skaičius) ir mastą (geografinė ir laiko), kas yra itin svarbu praktiškai sprendžiant daugelį aplinkos valdymo klausimų. Tokiai veiklai šiuo metu pirmiausia būtini metodai, kurie leistų atlikti mažos apimties tikslius tyrimus ir gauti plataus masto vertinimus (Daily et al., 2011; Goulder and Kennedy, 2011; Tallis and Polasky, 2011; Kareiva et al., 2011).

2. Modeliavimo sistemų apžvalga

Šiuo metu yra daug modelių, kurie gali atsekti vieną ar kelis sausumos ekosistemų procesus (Nelson and Daily, 2010). Pagrindinis šių modelių trūkumas tas, kad, norint išmatuoti ekosistemų teikiamas paslaugas, reikia skaičiuoti kiekvieną paslaugą atskirai. O jeigu norima išmatuoti ekosistemų teikiamos paslaugos vertės pokytį dėl žmogaus veiklos, visas modelis turi būti paleidžiamas iš naujo kiekvienai ekosistemos teikamai paslaugai matuoti (Bennett et al., 2009). Daugeliu atvejų tokia užduotis yra labai

sudėtinga ir nepraktiška. „Tūkstantmečio ekosistemų įvertinimas“ (MA, 2005) buvo vienas iš nedaugelio pastangų panaudoti individualų modelį tam, kad būtų išmatuota potenciali žemės naudojimo / žemės naudmenų pasikeitimo (LULC) įtaka ekosistemos teikiams paslaugoms (žr. Metzger et al., 2008; Schröter et al., 2005) panašioms didelio mastelio pavyzdžiams). Minėtas „Tūkstantmečio ekosistemų įvertinimas“ (MA, 2005) buvo atliekamas remiantis sudėtingais biofiziniais ir ekonominiais modeliais, be to, atliekamas globaliu mastu, kas lėmė, jog platesnis šios metodologijos pritaikymas, ekperimentavimas su alternatyviais scenarijais ir rezultatai vietiniu lygmeniu buvo sunkiai pasiekiami. Šie apribojimai skatino sukurti kitokią modeliavimo sistemą, kuri būtų paremta „Tūkstantmečio ekosistemų įvertinimo“ panaudoto modelio moksliniu tikslumu, tačiau būtų patogesnė, lankstesnė ir skaidresnė, taip pat galėtų būti pritaikoma tokiu tikslumu, kokio reikia vietiniams politiką formuojantiems ir kitiems suinteresuotiems asmenims. Manoma, jog tokios modeliavimo sistemos sukūrimas prisidėtų prie ekosistemomis pagrįsto aplinkosauginio valdymo ir kartu praplėstų ekosistemų teikiamų paslaugų išsaugojimo planavimo dalyvius.

Šiuo metu yra dvi ryškesnės modelių sistemos, kurios yra skirtos integruotam, arba sisteminiam, ekosistemų paslaugų vertinimui ir kurios atspindi anksčiau minėtas koncepcijas / paradigmas. Publikuoti pavyzdžiai *EcoMetrix, Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs* (InVEST) (Tallis et al., 2010; Kareiva et al., 2011) ir *Artificial Intelligence for Ecosystem Services* (ARIES) (www.ariesonline.org). *EcoMetrix* (Parametrix, Inc., Auburn, WA, USA) yra komercinės sistemos pavyzdys. Tačiau komercinės sistemos apriboja eksperimentavimą, platesnį ekosistemų teikiamų paslaugų modeliavimą bei dėl savo brangumo apriboja vartotojų skaičių. InVEST ir ARIES – priešingai, yra atviros prieigos modelių pavyzdžiai, kur yra įmanomas plataus masto eksperimentavimas ir modelių tobulinimas. Su InVEST ir ARIES galima apskaičiuoti biofizinių ekosistemos paslaugų teikimą visoje pasirinktoje teritorijoje, galima išreikšti tų paslaugų teikimą žemėlapyje (kas ir kur gauna naudą iš paslaugų teikimo) ir jų piniginę vertę (vertę, kurią žmonės gauna iš tų paslaugų naudojimo) bei gali numatyti paslaugų teikimo tendencijas ir kraštovaizdžio vertę. Pagrindinis šių dviejų modelių skirtumas yra ekosistemų teikiamų paslaugų apskaičiavimo ir įvertinimo metodologijos. InVEST vertina ekosistemos teikiamas paslaugas ir jų vertę konkrečioje kraštovaizdžio vietoje taikydamas anksčiau minėtą „ekologinės produkcijos funkcijos“ metodą, kur žemės naudojimo / žemės naudmenų pasikeitimo (LULC) informacija ir kita biofizinė su aplinkos valdymu susijusi informacija yra panaudojama kaip įvesties duomenys. ARIES taiko anksčiau aprašytą „vertės perkėlimo“ metodą. Pagal šį metodą kiekviena pasirinkta kraštovaizdžio vieta yra pažymima kaip ekosistemų teikiamų paslaugų vieta ir vertė nustatoma daugiausia pagal žemės naudojimą / žemės naudmenų pasikeitimą (LULC), kur ekosistemų teikiamų paslaugų vertės ir su LULC susijusios vertės yra parenkamos pagal anksčiau atliktas vietines studijas. Kuo labiau ekosistema bei žemės naudojimas yra panašūs pagal tipą, funkciją ir kraštovaizdžio kontekstą kituose tyrimuose, kuriais remiantis yra imama jų vertė, tuo tikslesnis gali būti „vertės perkėlimo“ metodas.

3. Modeliavimo sistema InVEST

Dauguma mokslininkų sutinka (Kareiva et al., 2011; Polasky et al., 2011; Nelson ir Daily, 2010; Daily et al., 2009), kad „ekologinės produkcijos funkcijos“ metodas (InVEST) sukuria tikslesnius ir tinkamesnius naudoti rezultatus. Pirmiausia, produkcijos funkcijos, jeigu tinkamai sutikrintos, gali registruoti ir vertinti net ir labai nedidelius ekosistemų teikiamų paslaugų pokyčius. Žemės naudmenų / žemės naudmenų pasikeitimo (LULC) vertės duomenų bazė, naudojama „vertės perkėlimo“ metode (ARIES), negali būti pakankamai išsami, kad užfiksuotų nedidelius sąlygų pokyčius pasirinktoje vietovėje, jeigu ten neįvyko jokių žemės naudojimo pokyčių. Antra, ekosistemų teikiamų paslaugų ir jų verčių pokytis pasirinktoje vietovėje, įvykęs dėl pokyčio kur nors kitur tame pačiame kraštovaizdyje, gali būti paaiškinamas pagal produkcijos funkcijas laikant, kad pokyčius galima aiškinti esančiomis sąlygomis tuose kituose taškuose. Priešingai, paslaugų teikimas ir vertė tam tikrame kraštovaizdžio taške negali būti jautrūs pokyčiams kitose vietose pagal „vertės perkėlimo“ metodą. Pagrindinis produkcijos funkcijų metodo taikymo trūkumas yra tai, kad skaičiuojant paslaugų teikimą ir vertę yra reikalinga daugiau duomenų ir žinių negu „vertės perkėlimo“ metodo atveju, o tai „vertės perkėlimo“ metodą daro patrauklesnį pasirinkti ir taikyti. Tolesnis produkcijos funkcijos metodo pasirinkimas ir jo vystymas yra grindžiamas optimistine prielaida, jog per tyrimus ir praktiką tyrėjai gali sukurti gana universalius įrankius, kurie būtų tinkami taikyti bet kur Žemėje, tačiau kartu jie būtų pakankamai lankstūs, kad būtų pritaikomi vietinėms sąlygoms.

Apibendrinant pasakytina, kad InVEST yra geografinių informacinių sistemų (GIS) modelių rinkinys, kuris numato ir kiekybiškai įvertina ekosistemų teikiamas paslaugas panaudodamas regiono biofizinę, ekonominę ir institucinę informaciją. InVEST buvo išvystyta (ir toliau yra vystoma) kaip „Gamtinio kapitalo“ projekto“ („*Natural Capital Project*“) (www.naturalcapitalproject.org) dalis. Šio projekto partneriai yra Stanfordo ir Minesotos universitetai bei organizacijos Gamtosaugos tarnyba (*The Nature Conservancy*, JAV) ir Pasaulio gamtos fondas (*WorldWildlife Fund*), o projekto tikslas yra suderinti ekonominius ir išsaugojimo tikslus. InVEST naudoja žemės naudojimo ir žemės valdymo žemėlapius ir lentelių duomenis kartu su gamtine informacija (pvz., dirvožemis, topografija ir klimatas), kad sukurtų erdviškai tikslias ekosistemų teikiamų biofizinių paslaugų prognozes. Ekonominė informacija apie ekosistemų teikiamų paslaugų poreikį gali būti derinama su biofizine tų paslaugų pasiūla, kad būtų galima sukurti paslaugų naudojimo ir vertės prognozių žemėlapius. InVEST gali būti naudojamas skirtingam sudėtingumui, pritaikant sistemą pagal duomenų prieinamumą ir sistemos dinamikos supratimą. Rezultatai gali būti pateikiami tiek biofizine, tiek ekonomine išraiška priklausomai nuo to, ko reikia sprendimų priėmėjams ir kokie duomenys yra prieinami.

4. InVEST pavyzdys: bioįvairovės modelis

Biologinės įvairovės modelis suteikia informaciją apie pasirinktos sausumos ekosistemos (buveinės) bioįvairovę kaip buveinės kokybės ir rūšių retumo funkciją. Modelis naudoja tiek LULC duomenis, tiek bioįvairovės ir buveinių duomenis tikslu įvertinti buveinių ir augalijos tipus bei jų degradavimo būklę. Bioįvairovės modeliavimas kartu su ekosistemos teikiamomis paslaugomis įgalina naudotojus palyginti erdvinį pagrindą ir nustatyti teritorijas, kuriose gamtosauga bus efektyviausia išsaugojant nykstančias rūšis. Buveinių kokybė ir rūšių retumas susideda iš keturių faktorių: kiekvienos grėsmės reliatyvaus poveikio, kiekvienos buveinės reliatyvaus jautrumo, atstumo tarp buveinių ir grėsmės šaltinių bei nuo teritorijos apsaugos teisinio statuso. Šiam modeliui reikalingi įvesties duomenys yra LULC žemėlapiai, LULC jautrumo tipai kiekvienai grėsmei, erdviniai duomenys apie rūšių paplitimą ir saugomų teritorijų dislokaciją. Modelis gali įvertinti, ar teritorijų apsauga yra efektyvi ir ar yra grėsmės kraštovaizdžiui. Šis modelis apima LULC informaciją ir parodo grėsmes bioįvairovei, sukuriant buveinių kokybės ir retumo žemėlapius. Šis metodas parodo du svarbiausius faktorius, reikalingus įvertinti apsaugos poreikius: kiekvienos buveinių degradacijos mastus regione ir jų pokyčius laike. Taip pat modelis įgalina labai greitai įvertinti būklę ir pokyčius detalesniam bioįvairovės esamos padėties įvertinimui. Jeigu buveinių pokyčiai lyginami pagal genetinius rūšių ir ekosistemų rodiklius, tai aukštesni rodikliai užtikrina jų išlikimą. Modelis reikalauja virtualių duomenų, kurie dažnai yra prieinami. Svarbus modelio bruožas yra galimybė charakterizuoti jautrias buveines ir jų grėsmes.

Ne visos buveinės grėsmių yra paveikiamos vienodai. Modelis įgalina naudotojus įvertinti reliatyvų grėsmių poveikį, kurios skirtingai veikia bioįvairovės išlikimą tam tikrame kraštovaizdyje. Pavyzdžiui, pievos gali būti jautresnės urbanizacijai nei kelių tiesimui. Taip pat modelis parodo grėsmes, kurios veikia tam tikrame atstume. Modelis įvertina tam tikro kraštovaizdžio apsaugos poreikius ir galimybes, taip pat potencialius LULC bruožus ir buveinių pokyčius, kokybę, retumą ir apsaugos poreikius bei galimybes ateityje (Tallis et al., 2010).

5. InVEST pavyzdys: pakrančių pažeidžiamumo modelis

Keičiantis klimatui ir intensyvėjant žmogaus veiklai, pakrančių bendruomenės turi geriau suprasti, kaip biologinės ir fizinės aplinkos modifikacijos (tiesioginis ar netiesioginis buveinių sunaikinimas dėl pakrančių vystymo) gali paveikti pakrančių pažeidžiamumą dėl erozijos ir užtvindymo. Pakrančių pažeidžiamumo modelis tai įvertina kiekybiškai pagal jautrumo indeksą, kuris diferencijuoja teritorijas pagal tai, ar jos yra didelės, ar mažos rizikos erozijai ar užtvindymui audrų metu. Šiam modeliui reikalingi įvesties duomenys yra: gyventojų tankumas ir pasiskirstymas, duomenys apie pakrančių geomorfologiją, natūralias buveines (pvz., šlapynes), jūros lygio svyravimus, pakrančių topografiniai duomenys, vėjuotumas ir bangų mūša (galia). Modelis leidžia geriau suprasti santykinę skirtingų kintamųjų įtaką pakrančių pažeidžiamumui ir išryškinti natū-

ralių buveinių teikiamas apsaugojimo „paslaugas“ pakrantės gyventojams. Gauta informacija yra naudinga pakrančių tarnyboms, teritorijų planuotojams, žemės naudotojams, visiems pakrančių išsaugojimu suinteresuotiems asmenims. Šis modelis leidžia sudaryti pakrantės gyventojų rastrinių duomenų žemėlapi ir jautrumo indeksą. Sudarytas žemėlapis parodo tikslų gyventojų pasiskirstymą analizuojamoje teritorijoje. Jautrumo indekso žemėlapis padeda sureitinguoti tos analizuojamos pakrantės ir jos bendruomenių pažeidžiamumą dėl erozijos bei užtvindymų, sukeltų didelių audrų. Sudarant žemėlapi yra naudojami duomenys apie gyventojus, biogeofizinius kintamuosius, kurie gali parodyti regiono biologines ir geomorfologinių pokyčių charakteristikas. Taip pat jautrumo indeksas įvertina vėjo ir bangų poveikį krantams bei pakrančių jautrumą minėtiems faktoriams. Gyventojų ir pakrantės jautrumo indekso žemėlapiai gali būti panaudoti bendram žemėlapiui sukurti, kuris parodytų pakrantės gyventojų bendruomenių pažeidžiamumą dėl audrų (Tallis et al., 2010).

6. InVEST pavyzdys: buveinių rizikos vertinimo modelis

Buveinių rizikos vertinimo modelis įvertina jūros ir pakrančių buveinėms kylančias rizikas dėl žmonių veiklos bei teikiamų ekosistemų paslaugų atsparumą toms veikloms. Modelis gali nustatyti riziką buveinėms pagal dabartinę ar sumodeliuotą ateities žmonių vykdomą veiklą, o tai prisidėtų kuriant geresnės aplinkos valdymo strategijas, padedančias išvengti buveinių kokybės ir funkcionavimo pablogėjimo. Taip pat šiuo modeliu galima nustatyti tam tikrų klimato pokyčio ir antropogeninių veiklų poveikį skirtingoms aplinkos teikiamoms paslaugoms. Buveinės būklė yra esminis veiksnys, lemiantis ekosistemos teikiamas paslaugas. Pvz., ypač didelį poveikį daro žvejyba, klimato kaita, gyventojų skaičiaus augimas ir pakrantės pritaikymas gyvenimui. Visos šios veiklos smarkiai veikia pakrančių ekosistemų teikiamas gėrybes ir paslaugas, kurių reikia žmonėms.

Kadangi žmonių veikla intensyvėja, išskyla būtinybė koreguoti pakrančių valdymo planus. Tokiu būdu modelį galima praktiškai pritaikyti aplinkos valdyme. Šis modelis yra kiek panašus į biologinės įvairovės modelį, nes įgalina nustatyti teritorijas, kur žmogaus poveikis yra didžiausias. Tačiau bioįvairovės modelis labiau įvertina žmogaus poveikį bioįvairovei, o pastarasis labiau tinka nustatyti žmogaus keliamą riziką ir priorituoti valdymo strategijas.

Gauti modelio rezultatai padeda suprasti ir įvertinti žmogaus poveikį buveinėms ir numatyti žmonių veiklos alternatyvius ateities scenarijus. Taip pat galima nustatyti, kuriose vietose galima daryti kompromisus tarp žmonių veiklos ir aplinkos teikiamų paslaugų išsaugojimo. Be to, modeliu galima priorituoti teritorijas, kurios bus skirtos išsaugoti ar panaudoti. Modeliui sukurti yra reikalingi tokie įvesties duomenys: buveinių pasiskirstymo ir žmonių veiklų žemėlapiai, atliekamos žmonių veiklos pagal jų laiką ir intensyvumą, taip pat saugomų buveinių valdymo efektyvumo duomenys. Pasekmių įvertinimui yra reikalingi įvesties duomenys apie sunaikintas buveines ir buveinių gebėjimą atsikurti. Modelis yra labai lankstus, todėl galima panaudoti tiek labai detalią, tiek gana skurdžią informaciją, kurią visada galima atnaujinti atsiradus tikslesniems duomenims.

Naudojant modelį galima sukurti žemėlapius, kurie parodo žmogaus veiklos keliamą riziką atskiroms buveinėms analizuojamoje teritorijoje. Taip pat galima numatyti ir įvertinti alternatyvius ateities veiklų scenarijus. Naudojamas kartu su kitais modeliais (biologinės įvairovės ir pakrančių pažeidžiamumo), buveinių rizikos vertinimo modelis padeda identifikuoti kylančius kompromisus tarp žmogaus veiklos ir ekosistemos teikiamų paslaugų. Modelis padeda aplinkosaugos vadybininkams įvertinti ir priorituoti valdymo strategijas, atsižvelgiant į jų efektyvumą mažinti kylančias rizikas pakrantės buveinėms ir jų gebėjimui teikti ekosistemų paslaugas (Tallis et al., 2010).

7. Išvados

1. Esant tinkamų metodų trūkumui, dažnai vyriausybė, verslas ar visuomenė pasikliauna kokybiniais arba intuicija pagrįstais kriterijais apie ekosistemų teikiamas paslaugas bei jų pokytį dėl žmogaus veiklos. Neretai toks vertinimas yra klaidingas ir veda prie nepakankamo arba visiško natūralaus kapitalo nevertinimo ir sistemingo jo naikinimo Ponzi schemos principu.

2. Prieš keletą metų pradėta kurti InVEST yra atviros prieigos modeliavimo sistemos pavyzdys, kuris yra pagrįstas „ekologinės produkcijos funkcijos“ metodu. InVEST turi didelę perspektyvą kaip praktiška, išsami ir efektyvi metodologija, skirta ekosistemų teikiamų paslaugų kiekybiškam įvertinimui.

3. InVEST, metodiškai ir nuosekliai panaudojama ji gali suteikti tvirtą pagrindą vietiniams gamtos išteklių valdytojams pagerinti ir optimizuoti savo aplinkosauginio valdymo strategijas bei prisidėti prie gamtinio kapitalo integravimo į politinius, ekonominius ir aplinkos valdymo sprendimus.

Literatūra

- Bennett, E. M.; Peterson, G. D. and Gordon, L. J. 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecol Lett*, 12: 1394–404.
- Costanza, R. and Daly, H. E. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6: 37–46.
- Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R. et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253–2260.
- Daily, G. C.; Kareiva, P.; Polasky, S.; Ricketts, T. H. and Tallis, H. 2011. Mainstreaming natural capital into decisions. In *Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services* (editors P. Kareiva, H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, S. Polasky). Oxford: Oxford University Press, p. 34–53.
- Kaiser, B. and Roumasset, J. 2002. Valuing indirect ecosystem services: the case of
- H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, S. Polasky). Oxford: Oxford University Press, p. 34–53.
- Daily, G. C.; Polasky, S.; Goldstein, J. et al. 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Front. Ecol. Environ*, 7: 21–28.
- Goulder, L. H. and Kennedy, D. 2011. Interpreting and estimating the value of ecosystem services. In *Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services* (editors P. Kareiva, H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, S. Polasky). Oxford: Oxford University Press, p. 34–53.

- tropical watersheds. *Environ. Dev. Econ*, 7: 701–714.
- Kareiva, P.; Tallis, H.; Ricketts, T. H.; Daily, G. C. and Polasky, S. (editors). 2011. *Natural Capital: Theory & Practice of Mapping Ecosystem Services*. Oxford: Oxford University Press, 365 p.
- Living Planet Report 2012. WWF, http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/2012_lpr/. Accessed April 30, 2013.
- Metzger, M. J.; Schröter, D.; Leemans, R. and Cramer, W. 2008. A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe. *Reg Environ Change*, 8: 91–107.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington. DC. Island Press.
- Nelson, E. J.; Polasky, S.; Lewis, D. J. et al. 2008. Efficiency of incentives to jointly increase carbon sequestration and species conservation on a landscape. *Proc. Nat. Acad. Sci*, 105: 9471–9476.
- Nelson, E. J. Mendoza, G.; Regetz, J. et al. 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and trade-offs at landscape scales. *Front. Ecol. Environ*, 7: 4–11.
- Nelson, E. J. and Daily, G. C. 2010. Modelling ecosystem services in terrestrial systems. *F1000 Biology Reports*, 2: 53–65.
- Palaima, A. (editor). 2012. *Ecology, conservation and restoration of tidal marshes: the San Francisco Estuary*. Berkeley: University of California Press, 312 p.
- Ricketts, H. T.; Daily, G. C.; Ehrlich, P. R. and Michener, C. D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proc. Nat. Acad. Sci*, 101: 12579–12582.
- Schröter, D. et al. 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310: 1333–7.
- Tallis, H. and Polasky, S. 2011. Assessing multiple ecosystem services: an integrated tool for the real world. In *Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services* (editors P. Kareiva, H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, S. Polasky). Oxford: Oxford University Press, p. 34–53.
- Tallis, H. T. and Polasky, S. 2009. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Ann. N.Y. Acad. Sci*, 1162: 265–283.
- Tallis, H. T.; Goldman, R., Uhl, M. et al. 2009. Integrating conservation and development in the field: implementing ecosystem service projects. *Front. Ecol. Environ*, 7: 12–20.
- Tallis, H. T.; Ricketts, T.; Nelson, E. et al. 2010. *InVEST 1.004 User's Guide*. Stanford: The Natural Capital Project.
-

MAINSTREAMING NATURAL CAPITAL INTO DECISIONS: INTEGRATED VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES

Arnas Palaima

Ecological Economics Innovations Center, USA, arnas.palaima@eeicentras.org

Pranas Mierauskas

Mykolas Romeris University Institute of Public Administration, Lithuania, mierauskas@mruni.eu

Summary. *The purpose of the article is to review current paradigms in ecosystem services valuation, existing gaps and current trends in addressing those gaps. Natural capital, often defined as the stock of natural ecosystems that yields a flow of valuable ecosystem goods or services into the future, is often undervalued or not valued at all by governments, business and society, which leads to environmental degradation and loss of biodiversity. One of the major reasons of such undervaluation is the lack of practical, realistic quantitative methods/models that would establish ecosystem services value and its change due to human development. A promising, recently developed ecosystem services modeling system is InVEST: “Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-Offs.” InVEST is a set of Geographic Information Systems (GIS) models that predict the provision and value of ecosystem services and habitat provision given land use/land cover maps and related biophysical, economic, and institutional data for the study region. InVEST, if further developed and applied in a systematic way, could facilitate mainstreaming the natural capital into decisions at all levels and provide a strong foundation for local natural resources managers to improve and optimize their environmental management strategies.*

Keywords: *ecosystem services, InVEST, GIS, modeling, ecological economics, sustainable environmental management, natural capital.*