

Elektromobilių panaudojimo plėtrą skatinančių priemonių efektyvumo vertinimo modelis

Povilas Mačiulis¹,

Inga Konstantinavičiūtė¹,

Vaida Pilinkienė²,

Alina Stundžienė²

¹ Lietuvos energetikos institutas,
Breslaujos g. 3,
44403 Kaunas, Lietuva
El. paštas Povilas.Maciulis@gmail.com

² Kauno technologijos universitetas,
K. Donelaičio g. 73,
44249 Kaunas, Lietuva

Transporto sektorius turi ypač didelę įtaką vyriausybėms, siekiančioms dekarbonizacijos tikslų. Tai pirmiausia pasakytina apie kelių transportą. Pagrindinis iššūkis yra pereiti prie netaisytų transporto priemonių, o populiariausia technologija yra elektromobiliai. Nepaisant elektra varomo transporto privalumų ir augančio populiarumo, jų naudojimo plėtrą varžo elektromobilių kaina, kuri yra didesnė už įprastinių automobilių, naudojančių iškastinį kūrą. Visos valstybės sprendžia resursų klausimus, todėl labai svarbu išsiaiškinti, kaip galima pasiekti konkrečių rezultatų su kuo mažesniais materialiniais ir laiko sąnaudomis. Visose šalyse didžiąją dalį kelių transporto priemonių parko sudaro privačių asmenų automobiliai. Todėl siekiant įvertinti atskirų skatinimo priemonių efektyvumą būtina atsižvelgti ne tik į ekspertų nuomonę, finansinę naudą, tačiau būtina iširti ir vartotojų preferencijas, kurios gali būti pagrindinis barjeras naujų technologijų panaudojimo plėtrai. Mokslinėje literatūroje galima rasti įvairių elektromobilių naudojimo skatinimo vertinimo būdų, kurie paremti skirtingomis metodologijomis ar jų junginiais. Tačiau vis dar trūksta priemonių efektyvumo vertinimo sistemos, kuri visapusiškai apibendrintų vartotojų preferencijas, įgyvendinamumą, veiksmingumą bei įvertintų finansinių ir nefinansinių skatinimo priemonių įgyvendinimo kaštus. Šio straipsnio tikslas – išanalizuoti elektromobilių naudojimo skatinimo priemonių vertinimo praktiką ir konceptualizuoti skatinimo priemonių efektyvumo vertinimo modelį. Tyrimui naudoti metodai: mokslinės literatūros analizė, sisteminimas ir palyginamoji analizė.

Raktažodžiai: elektromobiliai, efektyvumas, skatinimo priemonės

ĮVADAS

Elektromobilių technologija visuomenės vertinama kaip turinti įtaką energetikos, transporto ir aplinkosaugos sektoriams: elektromobiliai mažina transporto neigiamą poveikį aplinkai, prisideda prie mažesnio iškastinio kuro naudo-

jimo ir taip gerina šalių energetinės nepriklausomybės rodiklius [1]. Elektra varomų automobilių rinkos plėtra duoda naudą, kuri susijusi su žmonių sveikata, oro kokybe ir aplinka, taip pat ekonomikos augimu [2, 3]. Be to, elektromobiliai tapo tiesiog patogia alternatyva įprastinėms transporto priemonėms, o pokyčiai šioje

rinkoje lemia besikeičiančius vartotojų poreikius ir lūkesčius [4]. Dėl elektromobilių sukuriama poveikio ir augančio populiarumo visuomenėje elektromobilių naudojimo ir jų plėtros problematika taip pat kelia vis didesnę mokslininkų susidomėjimą.

Nepaisant visų privalumų, techninės ir ekonominės aplinkybės dar neleidžia elektromobilių masinės plėtros bendroje transporto priemonių rinkoje [5]. Viena iš priežasčių, kodėl natūralus elektromobilių atėjimas į rinką yra lėtas, tai jų kaina, kuri yra didesnė už įprastinių automobilių, naudojančių iškastinį kurą. Siekdamas paskatinti elektra varomo transporto priemonių plėtrą, vyriausybės įgyvendina skatinimo politikos instrumentus, kurie didina šių priemonių konkurencingumą ir populiarumą vartotojų preferencijose [6]. Elektromobilių naudojimo paskatos ir jų efektyvumas tapo aktualiu mokslinių tyrimų objektu. Šio straipsnio tyrimo problema – nepaisant taikomų įvairių elektromobilių naudojimo skatinimo vertinimo būdų, vis dar trūksta priemonių efektyvumo vertinimo sistemos, kuri visapusiškai apibendrintų vartotojų preferencijas, įgyvendinamumą, veiksmingumą. Šio tyrimo tikslas – išanalizuoti elektromobilių naudojimo skatinimo priemonių vertinimo praktiką ir konceptualizuoti skatinimo priemonių efektyvumo vertinimo modelį. Tyrimui naudoti metodai: mokslinės literatūros analizė, sisteminimas ir palyginamoji analizė.

ELEKTROMOBILIŲ PANAUDOJIMO SKATINIMO TEORINĖS PRIELAIDOS

Nėra vieno būdo, kaip paskatinti elektromobilių plėtrą. Skirtingos šalys ir miestai turi skirtingas sistemas, įgyvendinimo patirtis ir skatinimo priemones. Skiriasi ir įgyvendinimo lygmuo: vienos priemonės įgyvendinamos nacionaliniu lygiu, kitos labiau orientuotos į lokalius resursus ir savivaldos veiklos sferas [6]. Analizuodami skirtingų šalių patirtis ir mokslinę literatūrą, P. Mačiulis ir kt. nustatė penkiolika elektra varomų transporto priemonių skatinimo politikos kryptių, išskyrė penkiolika nacionalinio ir dvylika savivaldybės lygmens konkrečių skatinimo priemonių, kurios buvo taikytos skirtingose valstybėse ar miestuose [7]. Daugeliu atvejų nacionalinės ir lokalsios valdžios įgyven-

dinamos priemonės skiriasi dėl netapačių politikos kryptių, kurias lemia skatinimo sistemos mastas [8]. Veiksmų spektras priklauso ir nuo kiekvienos vietovės fizinio ir politinio konteksto. Pavyzdžiui, nelygus Norvegijos reljefas suteikia galimybę apmokestinti tunelius ir atleisti elektromobilius nuo šių mokesčių; Šanchajaus (Kinija) transporto priemonių kvotų sistema leidžia suteikti lengvatinę registraciją elektromobiliams [9].

Investavimas į naujas technologijas yra susijęs su nepatirtais privalumais, todėl išbandyta ir aiškiai suprantama inovacija reiškia mažesnį neužtikrintumą potencialiems vartotojams [10]. Galima teigti, kad elektromobilių rinką lemia potencialių vartotojų supratimas apie jų naudą, privalumų ir naudojimo aspektų išmanymas. Kitaip tariant, didėjant supratimui ir patirčiai, kartu auga ir produkto vartojimas. Tai patvirtina ir N. Wango su kolegomis vykdytas tyrimas, kuris atskleidė, kad vartotojų suvokimas apie elektromobilius gali būti reikšminga kliūtis šių transporto priemonių rinkos plėtrai [11]. Egzistuoja įvairaus pobūdžio priemonės ir iniciatyvos, kuriomis siekiama įveikti minėtą barjerą.

Rinkos, kurios gali pasigirti plačiu elektromobilių paplitimu ir aktyviu augimu, naudoja kur kas sudėtingesnes ir visapusiškas skatinimo sistemas [12]. Reikia pripažinti, kad netaršių automobilių pardavimams įtakos gali turėti ne tik aktyvios tiesioginės valdžios įgyvendinamos skatinimo priemonės, bet ir daug kitų veiksnių, pavyzdžiui, kuro kainos, automobilių modelių kainos, gyventojų pajamos [13]. Daliai šių rodiklių valdžia taip pat gali daryti įtaką, o tai lemia ir elektromobilių paklausą. Dar vienas svarbus veiksnys – vartotojų lūkesčiai. Todėl tiriant elektromobilių naudojimo skatinimo priemones dažnai atsižvelgiama į potencialius elektromobilių pirkėjus, tiriamos vartotojų preferencijos [14].

Galima rasti nemažai mokslinės literatūros ir studijų, kuriose analizuojant elektromobilių rinkas siekiama įvertinti finansinių skatinimo priemonių veiksmingumą. Šiuose tyrimuose ieškoma ryšių tarp elektromobilių pardavimo dinamikos ir duomenų, rodančių pirkimo paskatų mastą, jų vertę ir įtaką. Daugelyje tyrimų naudojami agreguoti pardavimų duomenys [4]. Visuminės paklausos analizė tinkamiausia siekiant identifikuoti ilgalaikes automobilių pirkimo

tendencijas didelėse teritorijose. Prognozuojama skirtingų transporto priemonių technologijų pardavimų rinkos dalis. Dažnai šios prognozės numato skirtingų transporto priemonių pardavimo potencialą iki 2020, 2030 ar 2050 metų. Šiuo atveju elektromobilių pirkėjų specifinės savybės ir preferencijos nėra nustatomos. Prie visuminės paklausos analizės galima priskirti difuzijos modelius (angl. *diffusion models*) ir atsipirkimo analizę (angl. *payback analysis*), jas ir aptarsime šiame straipsnyje.

Rečiau sutinkami neagreguoti duomenys, kaip, pavyzdžiui, A. C. Mersky'o ir kt. studijoje, kurioje į duomenų rinkinius įtraukti atskiri kiekvieno parduoto elektromobilio duomenys [15]. Tai apima pardavimo vietą, transporto priemonės markę ir modelį, taip pat informaciją apie pirkėją. Dauguma studijų tiria metinius duomenis, tačiau galima rasti ir tokių, kurios orientuojasi į ketvirčio ar mėnesio tendencijas [4]. Nevisuminės paklausos prognozės yra dažniau sutinkamas kito pobūdžio tyrimuose, kai nustatomos elektromobilių pirkėjų charakteristikos ir jų lokalizacija. Agreguoti (bendroji) analizė atsižvelgia į atskirų asmenų (ar namų ūkių) savybes, jų potencialias preferencijas ir pirkimo motyvaciją. Apibendrintai galima teigti, kad agregotąją analizę sudaro pasirinkimo modeliai (angl. *choice models*), apribojimų analizė (angl. *constraints analysis*) ir vartotojų pasirinkimų simuliacijos [16].

1 lentelė. Skirtingi požiūriai į elektromobilių rinkos analizę [1]

Agreguoti (bendroji) analizė	Difuzijos modeliai
	Atsipirkimo analizė
Neagreguoti analizė	Pasirinkimo modeliai
	Apribojimų analizė
	Vartotojų pasirinkimų simuliacijos

Kitas būdas, tinkamas klasifikuoti elektromobilių skatinimo priemonių vertinimo metodikas, yra jų skirstymas pagal tyrimo specifiką. Šio straipsnio autoriai pasirinko tris apibendrintas grupes ir jas aptarė detaliau: statistine analize paremti tyrimai, apklausomis paremti tyrimai ir kiti skatinimo priemonių tyrimo būdai.

ELEKTROMOBILIŲ PANAUDOJIMO SKATINIMO PRIEMONIŲ TYRIMŲ PALYGINAMASIS VERTINIMAS

Statistinė analize paremti tyrimai. W. Sierzchula ir kt. pirmieji regresiniais metodais analizavo vyriausybės skatinimo politikos poveikį empiriniams elektromobilių rinkos duomenims. Jie pasirinko 2012 m. 30-ties šalių duomenis, analizavo naudodami regresinę analizę ir taikydami mažiausiųjų kvadratų metodą. Tyrime nustatytas stiprus ryšys tarp elektromobilių pardavimų ir finansinių skatinimo priemonių, vietinės elektromobilių gamybos ir įkrovimo stotelių, tenkančių vienam gyventojui. Tyrėjai pabrėžė, kad šių veiksnių gali nepakakti numatant rinkos plėtrą, nes gali būti nepastebima dinamika didinant elektromobilių pardavimus [17]. Regresinę analizę savo tyrimuose naudojo ir S. Li su kolegomis bei D. Diamondas, tačiau pastarasis vertino hibridines transporto priemones [18]. Kitas plačiai paplitęs metodas, taikomas renkantis reikšmingus rodiklius statistiniams modeliams kurti, – tai pažingsninė tiesinė regresija (angl. *stepwise linear regression*) [19]. A. C. Mersky'as ir kt. pritaikė šį metodą norėdami ištirti regioninius skirtumus, susijusius su elektromobilių paplitimu Norvegijoje. Analizei jie panaudojo neagreguotus pardavimų duomenis Norvegijos savivaldybėse nuo 2000 iki 2013 metų. Tyrėjai nustatė, kad įkrovimo infrastruktūra yra svarbiausias elektra varomų automobilių pardavimo prognozavimo elementas. Į šią analizę nebuvo įtrauktos finansinės paskatos, kurios buvo siūlomos nacionaliniu lygmeniu ir buvo vienodos visose Norvegijos savivaldybėse [15]. Pažingsninę tiesinę regresiją naudojo ir N. Wangas su kolegomis. Jie naudodami 41 pilotinio projekto skirtinguose miestuose duomenis (2013–2014 m. duomenys) tyrė skatinimo sistemos įtaką elektromobilių pardavimui Kinijoje [11].

Hedoninė regresija yra nustatytų preferencijų metodas (angl. *revealed preference method*), kuriuo galima įvertinti prekės paklausą arba lygiavertę jos vertę vartotojams. Naudojant šį metodą tiriamasis daiktas suskaidomas į jo sudedamąsias dalis ir nustatomos kiekvienos charakteristikos rinkos vertė [20]. Šiuo metodu tirdami elektromobilių ir hibridinių elektromobilių rinką naudojo D. Diamondas, A. Chandra ir kt., K. S. Gallagheris ir E. Muehleggeris, A. Jennas

ir kt., S. Shewmake'as ir L. Jarvis, S. Vergis ir B. Chenas. Pastarieji tyrė finansinių skatinimo priemonių poveikį elektromobilių rinkos dalies pokyčiams JAV, remdamiesi 2013 m. duomenimis. Be to, nustatyta, kad nepaisant vartotojų, geografijos ir energijos rinkos savybių, įkrovimo stotelių prieinamumas daro didžiausią įtaką akumuliatoriniams elektromobiliams, o įkraunamiems hibridiniams elektromobiliams finansinės skatinimo priemonės turi didesnę poveikį [21].

Kitas metodas, kuriuo naudojantis buvo vertinamos elektromobilių skatinimo priemonės, yra susijęs su paneliniais duomenimis (angl. *panel data*). Tai yra duomenys, gauti kelis laiko momentus stebint tuos pačius subjektus arba sekant tos pačios subjektų grupės evoliuciją. Paneliniai duomenys turi dvi dimensijas – viena-laikių duomenų ir laikinių sekų [22]. Būtent panelinių duomenų regresiją naudojo C. Münzelis ir kt., kurie analizavo elektromobilių pardavimų duomenis 32 Europos šalyse nuo 2010 iki 2017 metų. Atliko ekonominius tyrimus, susijusius

su pirkimo skatinimo priemonių poveikiu, bei analizavo kitus veiksnius, tokius kaip pajamų ir degalų kainų pokyčiai. Tyrimo autoriams pasirodė svarbu įvesti tendencijos kintamąjį, kuris leidžia pastebėti bendrus naujos technologijos sklaidos pokyčius [9]. Šia metodika taip pat naudojosi Y. Q. Qiu ir kt., kurie iš Kinijos pilotinių miestų duomenų tyrė elektromobilių įvairių skatinamųjų politikos kryptių efektyvumą municipaliteto lygmeniu. Regresijos rezultatai rodo teigiamą ryšį tarp elektromobilių pardavimo masto ir dviejų paklausos politikos kryptių: įkrovimo paslaugos kainos nuolaidos ir infrastruktūros įrengimo subsidijos [23]. Panelinių duomenų regresiją naudodami fiksuotų efektų modelį (angl. *fixed effect model*) atliko D. Diamondas, A. Chandra ir kt., K. S. Gallagheris, E. Muehleggeris, A. Jennas ir kt. Šiame modelyje parametrai yra fiksuoti arba neatsitiktiniai dydžiai. Priešingai nei atsitiktinių efektų modeliui (angl. *random effects models*) ir mišriam modeliui, kurių parametrai laikomi atsitiktiniais kintamaisiais.

2 lentelė. Statistine analize paremti elektromobilių naudojimo skatinimo priemonių efektyvumo tyrimai (sudaryta straipsnio autorių)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Javid ir Nejat [24]	Daugialypė logistinė regresija / Polinominis logit modelis	Kalifornija, JAV	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės
Sierzchula ir kt. [17]	Daugialypė tiesinė regresija / Hedoninė regresija / Sujungtų mažiausiųjų kvadratų metodu paremta regresija	Įvairios šalys	Elektromobiliai su akumuliatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės
Wang ir kt. [11]	Daugialypė tiesinė regresija / Pažingsninė tiesinė regresija	Kinija	Iš išorės įkraunami elektromobiliai ir hibridiniai elektromobiliai, elektromobiliai su akumuliatoriais,	Finansinės ir nefinansinės
Ma ir kt. [25]	Daugiamatis kointegracijos modelis / Paklaidų korekcijos modelis	Kinija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės
Wee ir kt. [26]	Daugiapakopė regresija su fiksuotais efektais	JAV	Iš išorės įkraunami elektromobiliai ir hibridiniai elektromobiliai, elektromobiliai su akumuliatoriais	Finansinės ir nefinansinės

2 lentelė. (Tęsinys)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Shewmake ir Jarvis [20]	Hedoninė regresija	JAV	Hibridiniai elektromobiliai	Didelio užimtumo transporto priemonių juosta
Vergis ir Chen [21]	Hedoninė regresija	JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių lengvatos
Mersky ir kt. [15]	Hedoninė regresija / Pažingsninė tiesinė regresija	Norvegija	Elektromobiliai su akumulatoriais	Automobilių mokesčių registravimo išimtis ir pridėtinės vertės mokesčio lengvatos
Chandra ir kt. [27]	Hedoninė regresija / Panelinių duomenų regresija su fiksuotais efektais	Kanada	Hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių lengvatos
Jenn ir kt. [28]	Hedoninė regresija / Panelinių duomenų regresija su fiksuotais efektais / Modelis su fiktyviais kintamaisiais naudojant momentų metodą	JAV	Hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių kreditai
Gallagher ir Muehlegger [29]	Hedoninė regresija / Panelinių duomenų regresija su fiksuotais efektais	JAV	Hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių kreditai ir lengvatos
Diamond [18]	Hedoninė regresija / Sujungtų mažiausių kvadratų metodu paremta regresija / Panelinių duomenų regresija su fiksuotais efektais	JAV	Hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių kreditai ir lengvatos
Qiu ir kt. [23]	Panelinių duomenų regresija	Kinija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės
Münzel ir kt. [19]	Panelinių duomenų regresija	Europos valstybės	Elektromobiliai	Pirkimo paskatos
Li ir kt. [30]	Regresijos modeliai, naudojantys mažiausiųjų kvadratų metodą ar momentų metodą	JAV	Iš išorės įkraunami elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės
Jenn ir kt. [31]	Regresijos modeliai, naudojantys momentų metodą	JAV	Iš išorės įkraunami elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės

A. Jennas ir kt. išanalizavo 2010–2015 m. mėnesinius JAV nacionalinio lygmens duomenis,

taikydami fiksuoto efekto modelį (angl. *fixed effects model*) ir atsižvelgdami į laiko, regioninius

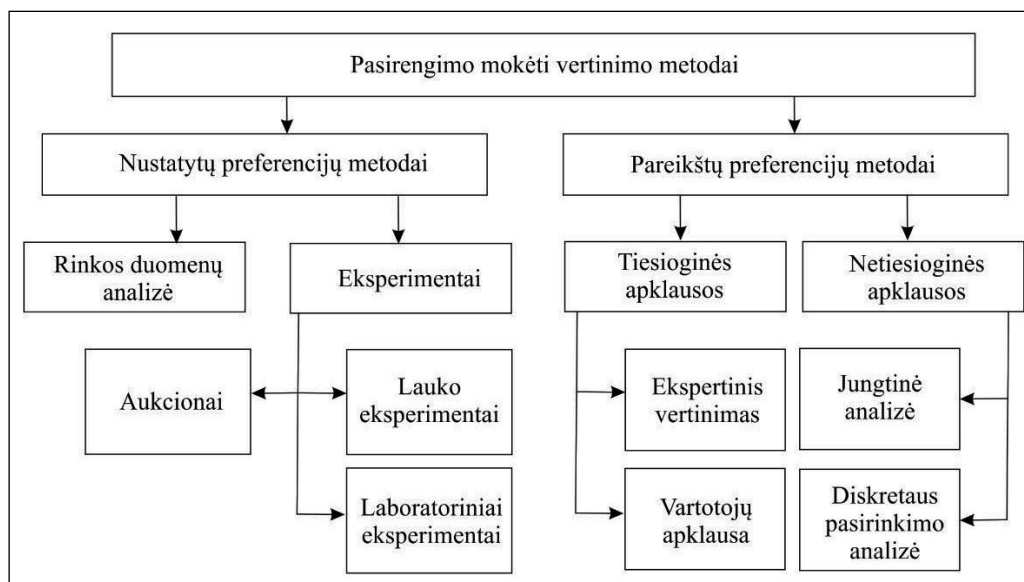
ir transporto priemonių modelių veiksniais. Savo regresijai įvertinti jie naudojo momentų metodą (angl. *generalized method of moments*) [31]. Šiame tyrime įtraukė kintamojo vėlavimą, siekdami atsižvelgti į galimą endogeniškumą modelyje, kuris gali būti susijęs su didesne vyriausybės motyvacija skatinti elektromobilius tose šalyse, kur jų poreikis jau yra didesnis [19]. Momentų metodą savo tyrimuose naudojo ir J. Li su kolegomis [30].

Apklausomis paremti tyrimai. Šioje grupėje mokslinėje literatūroje dažniausiai sutinkami pasirengimo mokėti tyrimai. Pagrindiniai būdai įvertinti vartotojų pasirengimą mokėti yra naudoti nustatytų ir pareikštų preferencijų metodai. Nustatytų preferencijų metodais siekiama pasinaudoti taikant kelionės išlaidų ir hedonistinių kainų metodus [32], taip pat aukcionus, lauko bei laboratorinius eksperimentus [33]. Skirtingai nei pareikštų preferencijų metodas, nustatytų preferencijų metodas nėra dažnai sutinkamas elektromobilių skatinimo politikos analizėse. Pareikštų preferencijų metodai plačiai naudojami rinkodaroje ir taikomi sprendžiant vartotojų pasirinkimo bei rinkos prognozavimo problemas, kai duomenų apie vartotojų preferencijas nėra arba jie sunkiai gaunami [34].

Taikant pareikštų preferencijų metodus galima nustatyti subjektų pasirengimą mokėti dviem būdais: pirma, naudojant tiesiogines ap-

klausas, kai respondentai tiesiogiai atsako, kiek jie sutiktų mokėti už tam tikras gėrybes; antra, netiesiogines apklausas, kurios paremtos sudėtingesniais pasirengimo mokėti nustatymo metodais [32]. Pagrindiniai iš jų yra diskretaus pasirinkimo modelis ir jungtinė analizė [33]. Jungtinė analizė (angl. *conjoint analysis*) yra senas ir plačiai naudojamas metodas, kuris leidžia nustatyti vartotojų preferencijų struktūrą netiesioginiu būdu [35]. Tyrime dalyvaujantys respondentai, remdamiesi kriterijais, įvertina arba nustato neįvardytas skirtingas skatinimo politikos alternatyvas. Antrame etape tyrimo dalyvių pagal atskirus kriterijus pareikštos preferencijos yra išskaidomos taikant regresinę analizę ir nustatomos netiesiogiai respondentų pasirinktos skatinimo politikos priemonės [32]. Jungtinės analizės metodą savo darbe pritaikė J. P. Helvestonas ir kt., taip pat T. Lievenas.

Diskretaus pasirinkimo modeliai aprašo, paaiškina ir prognozuoja pasirinkimą iš dviejų ar daugiau diskrečių alternatyvų, pavyzdžiui, pasirenkant transporto priemonės rūšį. Kitaip tariant, šie modeliai naudojami situacijose, kai galimas rezultatas yra diskretus dydis. Šiems uždaviniams spręsti naudojamos tokios technikos kaip logistinė regresija ir *probit* regresija. Šie modeliai įvertina tikimybę, kuria remdamasis žmogus pasirenka tam tikrą alternatyvą. Modeliai dažnai naudojami prognozuojant, kaip pasikeis



1 pav. Pasirengimo mokėti vertinimo metodų klasifikavimas [33]

žmogaus pasirinkimas pakitus alternatyvų atributams. Pasirinkimų rinkinys, kurį sudaro galimos alternatyvos, turi tenkinti tris pagrindinius reikalavimus [36]:

1. Alternatyvų rinkinys turi būti išsamus, ir žmogus privalo pasirinkti alternatyvą iš rinkinio.

2. Žmogus gali pasirinkti tik vieną alternatyvą iš rinkinio, tai reiškia, kad, pasirinkęs vieną alternatyvą, jis atsisako kitų.

3. Rinkinyje turi būti baigtinis skaičius alternatyvų.

Vartotojų preferencijų tyrimuose analizuojant elektromobilius dažniausiai sutinkami finansiniai, techniniai, infrastruktūros ir skatinimo politikos atributai [37]. Neįmanoma žinoti visų veiksmų, kurie lemia žmogaus pasirinkimą, todėl diskretaus pasirinkimo modeliai yra grįsti

stochastinėmis prielaidomis ir specifikuojami, siekiant įvertinti nestebimas priežastis [36]. Šio straipsnio autoriai nustatė, kad diskretaus pasirinkimo modeliai yra dažniausiai sutinkami mokslinėje literatūroje, kuri analizuoja skatinimo priemonių efektyvumą. S. Ma ir kt., naudodami šį modelį, tyrė Kinijos vartotojų pasirengimo mokėti pokyčius pagal taikomas elektromobilių skatinimo priemones. Atsitiktiniu būdu pasirinkti 1 719 respondentai užpildė anketas. Pasirengimas mokėti nustatytas taikant polinominį logit ir mišrų logit modelius. Taip pat buvo tiriamas ryšys tarp respondento heterogeniškumo ir skatinimo priemonių pasirinkimo [38]. Diskretaus pasirinkimo modelius naudojo G. Ewingas ir E. Sarigollu'as, L. Qianas ir D. Soopramanienas, A. Hackbarthas ir R. Madleneris, V. Lee ir kt.

3 lentelė. Apklausomis paremti elektromobilių naudojimo skatinimo priemonių efektyvumo tyrimai (sudaryta straipsnio autorių)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Krupa ir kt. [39]	Anketinė apklausa	JAV	Iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Wang ir kt. [12]	Anketinė apklausa	Kinija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Larson ir kt. [40]	Anketinė apklausa / Pasirinkimo eksperimentas	Kanada	Elektromobiliai su akumulatoriais	
Krause ir kt. [41]	Anketinė apklausa / Žinių ir sąmoningumo tyrimas	JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių kreditas ir lengvatos
Hardman ir Tal [42]	Apklausa po pirkimo / Anketinė Apklausa	Kalifornija, JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais	Mokesčių kreditas ir lengvatos
Bjerkan ir kt. [43]	Apklausa po pirkimo / Anketinė Apklausa	Norvegija	Elektromobiliai su akumulatoriais	Automobilio registravimo mokesčio išimtis ir pridėtinės vertės mokesčio lengvata
Tal ir Nicholas [44]	Apklausa po pirkimo / Anketinė apklausa / Polinominis logit modelis	JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių kreditas
Sánchez-Braza ir kt. [45]	Binarinis pasirinkimo modelis / Probit modelis	Ispanija	Elektromobiliai	Automobilių mokesčių išimtis

3 lentelė. (Tęsinys)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Qian ir Soopramanien [46]	Diskretaus pasirinkimo modelis	Kinija	Alternatyvaus kuro transporto priemonės	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Hackbarth ir Madlener [47]	Diskretaus pasirinkimo modelis	Vokietija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Ewing ir Sarigollu [48]	Diskretaus pasirinkimo modelis / Polinominis logit modelis	JAV	Elektromobiliai	Finansinės priemonės
Ma ir kt. [38]	Diskretaus pasirinkimo modelis / Polinominis logit modelis / Mišrus logit modelis	Kinija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Lee ir kt. [49]	Diskretaus pasirinkimo modelis / Sistemos dinamikos modelis	Korėja	Hibridiniai elektromobiliai	Finansinės priemonės
Helveston ir kt. [50]	Jungtinė analizė	JAV ir Kinija	Elektromobiliai su akumuliatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Subsidijos
Lieven [51]	Jungtinė analizė / Hierarchinis Bajeso metodas/ Kano metodas	Skirtingos šalys	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Skerlos ir Winebrake [52]	Kokybinė diskusija	JAV	Iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Mokesčių kreditas
Zhang ir kt. [53]	Kokybinė diskusija	JAV	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Aasness ir Aarestrup [54]	Kokybinė diskusija	Oslas, Norvegija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Holtsmark ir Skonhoft [55]	Kokybinė diskusija	Norvegija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Ajanovic ir Haas [56]	Kokybinė diskusija	Skirtingi miestai	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Bakker ir Trip [57]	Kokybinė diskusija	–	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Kester ir kt. [58]	Kokybinė diskusija / kokybinė palyginamoji analizė	Šiaurės regiono šalys	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Sheldon ir Dua [59]	Kontrafaktinis modeliavimas / Mišrus logit modelis	JAV	Iš išorės įkraunami elektromobiliai	Subsidijos

3 lentelė. (Tęsinys)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Dumortier ir kt. [60]	Nuosavybės bendrų kaštų analizė / Anketinė apklausa	JAV	Elektromobiliai	Finansinės priemonės
Langbroek ir kt. [61]	Nurodyto pasirinkimo eksperimentas / Anketinė apklausa	Švedija	Elektromobiliai su akumulatoriais	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Potoglou ir Kanaroglou [62]	Nurodyto pasirinkimo eksperimentas / Eksperimentinis dizainas	Kanada	Hibridiniai, alternatyvaus kuro automobiliai	Finansinės priemonės
Qian ir kt. [63]	Nurodyto pasirinkimo eksperimentas / Mišrus logit modelis	Kinija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės

J. Dumortier ir kt., naudodami nuosavybės kaštų analizės metodą ir apklausdami internetu, ištyrė vartotojams tenkančius pirkimo, kuro ir automobilio išlaikymo kaštus bei įvertino elektromobilių skatinimo priemonių poveikį bendriesiems kaštams [60]. Vienas iš būdų vertinti skatinimo priemonių poveikį yra tyrimas po pirkimo (angl. *post purchase surveys*), kuriuo naudojosi S. Hardmanas ir G. Talas, M. Nicholas, K. Y. Bjerkanas ir kt. Ši metodika, kuria ieškoma atsakymo, kas lėmė subjektų sprendimą pirkti elektromobilį, leidžia tiksliau suprasti vartotojų poreikį ir elgseną. Mokslinėje literatūroje galima rasti informacijos, kad ši metodika, deja, susiduria su respondentų šališkumo problema [4].

Dar vienas iš metodų – kokybinė diskusija (angl. *qualitative discussion*). Pavyzdžiui, S. Bakkeris ir J. J. Tripas atliko skatinimo priemonių tyrimą, organizuodami ekspertų dirbtuves, kuriose buvo diskutuojama apie miestams tinkančias iniciatyvas. Skatinimo priemonės buvo skirstomos pagal efektyvumo, veiksmingumo ir įgyvendinamumo kriterijus [57]. Kokybinės diskusijos metodiką vertindami elektromobilių skatinimo priemones taikė S. J. Skerlosas ir J. J. Winebrake'as, B. Holtsmarkas ir A. Skonhoftas, X. Zhangas ir kt., M. A. Aasnesas ir F. M. Aarestrupas, A. Ajanovicai ir R. Haasas, J. Kesteris ir kt. tyrėjai.

Kiti skatinimo priemonių tyrimo būdai. Vienas iš būdų elektromobilių skatinimo priemonėms ir jų įgyvendinimui vertinti yra

mokslinės literatūros apžvalga. Šiuo metu tyrimus atliko M. Ahmanas, E. H. Greenas ir kt., J. R. DeShazo'as, X. Zhangas ir X. Bai'as, X. Zhangas ir kt. Tarp skatinimo priemonių analizės metodų galima išskirti ir daugiasluoksnę perspektyvą (angl. *multi-layer perspective*), kurią naudojo M. Nilssonas ir B. Nykvistas. Remiantis šia metodika, sociotechnologinėje sistemoje identifikuojama valdžios veiksmų įtaka elektromobilių proveržio scenarijui. Remiantis barjerų ir plėtros veiksmų charakteristika skirtinguose lygiuose identifikuojamos reikalingos finansinės ir nefinansinės skatinimo intervencijos [64]. Retai straipsniuose sutinkamas, tačiau perėjimo prie elektromobilių, pasitelkiant fiskalines pasakas, vertinimui tinkamas metodas – dinaminis modeliavimas (angl. *dynamic simulation modelling*). Šį metodą E. Shafie'as ir kt. apjungė su integruotu energijos-transporto sistemos technologijų ir transporto priemonių parko modeliavimu. Modelis naudojamas scenarijų analizei, įtraukiant pagrindinius fiskalinius parametrus, įskaitant įvairius mokesčius ir subsidijas transporto priemonėms ir kuro kaštų mažinimui [65].

Kitas elektromobilių skatinimo sistemai analizuoti plačiai naudotas būdas yra agentais grįstas modelis (angl. *agent-based model*). Agentų modeliai gali būti nuo abstrakčių teorijos plėtros modelių iki faksimilinių modelių (angl. *facsimile models*), kuriais siekiama numatyti konkrečius rezultatus. Faksimiliniai modeliai naudoja „realaus pasaulio“ aplinką, dažnai importuojamą iš

geografinės informacijos sistemų, ir atitinka faktinę topografiją. Dirbtinė aplinka supaprastina konteksto vaizdavimą ir dažniausiai naudojama, kai pagrindinis dėmesys skiriamas elgsenos taisyklėms, o ne tam tikros ekosistemos dinamikai [66]. Plačiai paplitusių agentais grįstą modelį savo tyrimuose vertinant įvairių tipų elektromobilių skatinimo sistemas naudojo M. G. Muelleris ir P. Haanas, J. M. Eppsteinas ir kt., C. Silvia ir

R. M. Krause'as, A. Adepetu'as ir kt., X. Sunas ir kt. Agentais grįsti modeliai grindžiami pakartotinė autonominių ir nevienalyčių subjektų ar agentų sąveika, kai kiekvienas priima sprendimus pagal tam tikrą nustatytų taisyklių rinkinį. Šie agentai skiriasi vienas nuo kito demografiniais rodikliais, svarbiomis savybėmis, įskaitant požiūrį į technologijas ir aplinką, reagavimą į informaciją [67].

4 lentelė. Alternatyvūs elektromobilių naudojimo skatinimo priemonių efektyvumo tyrimai (sudaryta straipsnio autorių)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Adepetu ir kt. [68]	Agentais grįstas modelis	San Franciskas, JAV	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Eppstein ir kt. [69]	Agentais grįstas modelis	JAV	Iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Finansinės priemonės
Sun ir kt. [67]	Agentais grįstas modelis	JAV	Elektromobiliai	Subsidijos
Silvia ir Krause [70]	Agentais grįstas modelis	JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Mueller ir Haan [71]	Agentais grįstas modelis / Individualių sprendimų procesų modelis	Šveicarija	Nauji keleiviniai automobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Shafiei ir kt. [65]	Dinaminis modeliavimas	Islandija	Elektromobiliai	Finansinės priemonės
Higgins ir kt. [72]	Inovacijų difuzijos modelis / Pasirinkimo modeliavimas / Daugiakriterinė analizė	Australija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Green ir kt. [73]	Literatūros apžvalga	JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Finansinės priemonės
DeShazo [74]	Literatūros apžvalga	Kalifornija, JAV	Elektromobiliai su akumulatoriais, iš išorės įkraunami hibridiniai elektromobiliai	Finansinės priemonės
Zhang ir kt. [75]	Literatūros apžvalga	Kinija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Hardman ir kt. [4]	Literatūros apžvalga	Įvairios šalys	Iš išorės įkraunami elektromobiliai	Finansinės priemonės
Zhang ir Bai [76]	Literatūros apžvalga	Kinija	Naujos energijos automobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės

4 lentelė. (Tęsinys)

Autorius	Metodai	Regionas	Automobilio rūšis	Nagrinėti skatinimo priemonių tipai
Ahman [77]	Literatūros apžvalga	Japonija	Elektromobiliai	Finansinės ir nefinansinės priemonės
Nilsson ir Nykvist [64]	Modeliavimas / Daugiasluoksni perspektyva	Europos šalys	Elektromobiliai su akumuliatoriais	Finansinės ir nefinansinės priemonės

Agentai vadovaujasi tikslais, gali būti paveikti vienas kito, mokytis iš savo aplinkos ir prisitaikyti prie besikeičiančių aplinkybių ir naujos informacijos. Sąveika tarp agentų ir jų aplinkos šį modelį išskiria iš kitų sisteminio modeliavimo metodų ir daro jį ypač tinkama metodika, kai norima įvertinti skirtingų skatinimo politikos scenarijų poveikį [66]. Pavyzdžiui, C. Silvia ir R. M. Krause'as, siekdami iširti skatinimo politikos intervencijos poveikį, naudojo agentais grįstą modelį imituodami elektromobilių pirkimo elgseną. Tyrime atsižvelgta į šiuos kintamuosius: ar asmuo yra naujos transporto priemonės rinkoje savininkas; ar asmuo gali įsigyti elektromobilį; ar jo vairavimo įpročiai atitinka tokios transporto priemonės diapazoną; ar namų ūkyje yra antra transporto priemonė; ar namų ūkis turės finansinės naudos naudodamas elektromobilį; ar asmuo vertina aplinką; ar yra novatorius ir ar susipažinęs su elektra varomų transportu priemonių technologija [70].

ELEKTROMOBILIŲ NAUDOJIMO SKATINIMO PRIEMONIŲ VERTINIMO MODELIO KONCEPTUALIZAVIMAS

Straipsnio autoriai atkreipia dėmesį į tai, kad nemaža dalis mokslininkų į savo tyrimo modelį įtraukia keletą metodų. Pavyzdžiui, A. Jennas ir kt., kurie analizavo skatinimo politikos įtaką hibridinių elektromobilių pardavimams JAV 2000–2010 m., į savo tyrimo modelį įtraukė panelinių duomenų regresijos modelį su fiksuotais efektais ir momentų metodą. J. H. M. Langbroekas ir kt. elektromobilių keleto politinių paskatų tyrimą atliko remdamiesi nurodyto pasirinkimo eksperimentu, taip pat buvo iširta socialinių ir psichologinių veiksnių įtaka, naudojant transteorinio pokyčių modelio ir apsaugos motyvacijos teorijos konstruktus [61]. T. Lie-

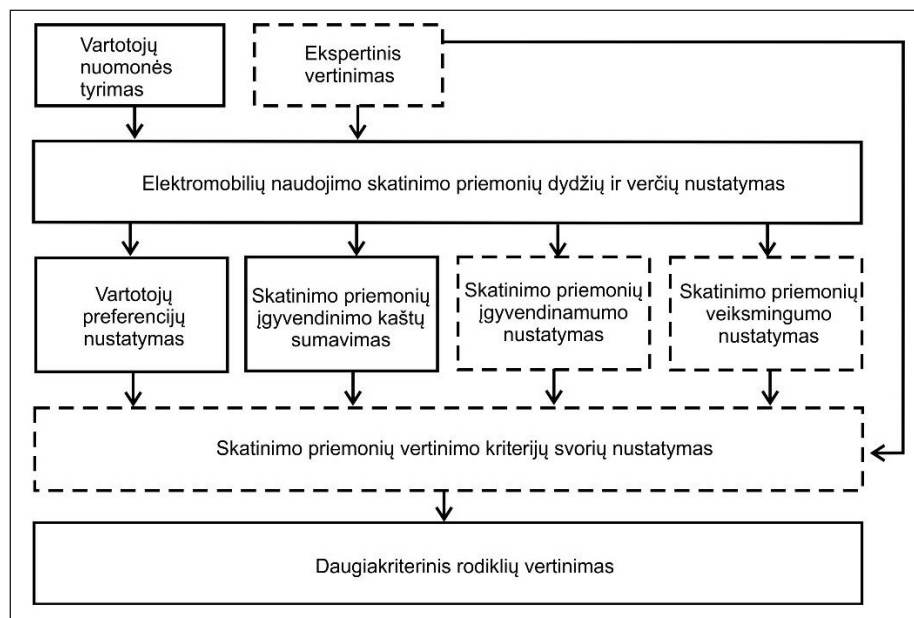
veno modelis sukonstruotas iš trijų dalių: vartotojų preferencijos buvo tiriamos naudojant jungtinę analizę ir hierarchinį Bajeso metodą (angl. *hierarchical Bayes method*), o nustatyti vartotojų pasitenkinimą pasirinktas Kano metodas [51].

Siekiant iširti skirtingą skatinimo priemonių veiksmingumą, A. Jenno ir kt. tyrimo struktūrą sudarė trys dalys: apibendrintas modelis, žinių modelis (angl. *knowledge model*) ir modelis su priklausomo kintamojo vėlinimais. Pirmasis modelis atskleidžia vidutinį paskatų poveikį visoje šalyje. Žinių modelis apima vartotojų sąmoningumą, supratimą apie skatinimo priemones ir leidžia nustatyti paskatų efektyvumo heterogeniškumą skirtingose valstijose. Modelis su priklausomo kintamojo vėlinimais atskleidžia svarbius ekonometrinių modelių endogeniškumo kriterijus [31]. A. Higginsas ir kt. prognozavo elektromobilių naudojimo Australijoje plėtrą iki 2030 metų. Į savo kompleksinį modelį, kuris padėjo įvertinti technologijų pasirinkimą konkrečioje teritorijoje atsižvelgiant į vartotojų heterogeniškumą, apjungė tris elementus: inovacijų difuzijos modelį (angl. *innovative diffusion model*), daugiakriterinę analizę ir pasirinkimo modeliavimą [72]. M. G. Muelleris ir P. Haanas taikė dviejų pakopų individualių sprendimų procesų modelį, kuris naudingas vertinant politiką, darančią įtaką individualiems naujų lengvųjų automobilių pirkimo sprendimams. Pirmame etape individualių pasirinkimų rinkiniai sudaromi naudojant paprastas, nekompensuojančias taisykles, pagrįstas anksčiau turėtomis mašinomis. Antra, sprendimų priėmėjai įvertina alternatyvas pagal savo individualų pasirinkimą, naudodamiesi daugialypės svertinės vertės taisykle (angl. *multi-attributive weighting rule*). Šiame tyrime atributų svoriai nustatyti naudojant polinominį logit modelį [71].

Mokslinėje literatūroje galima rasti ir daugiau unikalių modelių elektromobilių naudojimo skatinimo politikai analizuoti. Šio straipsnio autorių nuomone, kompleksinių modelių kūrimas padeda įvertinti skatinimo priemonių efektyvumą įvairiais aspektais, įvairiapusiškai ištirti ar palyginti skirtingais metodais gautus rezultatus. Straipsnio autoriai, išanalizavę elektromobilių skatinimo priemonių vertinimo praktiką, aprašytą moksliniuose leidiniuose, pateikia savo vertinimo modelį.

Šalyse, kur švairių automobilių skatinimo politika turi ilgametę patirtį, konkrečių priemonių vertinimą galima atlikti analizuojant statistinę analizę. Tačiau tokia tyrimo kryptis netinka valstybėms, kurios visai neturi arba turi tik visapusiškos elektromobilių skatinimo politikos užuomazgas. Dėl šios priežasties siekiant sukurti vertinimo modelį, autorių nuomone, būtina analizuoti ir hipotetines skatinimo priemones, kurios šiuo metu nėra naudojamos tiriamoje šalyje, tačiau gali turėti reikšmingą poveikį elektromobilių plėtrai. Esamų ir hipotetinių priemonių rinkiniai gali būti analizuojami vertinant vartotojų preferencijas, įtraukiant vieną iš pasirengimo mokėti metodikų [49, 50]. Hipotetinių priemonių vertėms nustatyti galima apklausti vartotojus arba remtis ekspertų nuomone [51, 78].

Skatinimo sistemos efektyvumą parodo ne tik vartotojų preferencijos. Pasak J. Lawo, efektyvumas matuojamas, kaip sėkmingai pasiekiami norimų rezultatų [79]. Šio straipsnio autorių nuomone, norint visapusiškai įvertinti, ar skatinimo priemonės yra efektyvios, reikia kompleksinio vertinimo, todėl į vieną modelį reikia įtraukti skirtingus metodus. Vartotojų preferencijos tyrimą reikia papildyti įgyvendinamumo, veiksmingumo ir kaštų analize, kuri parodo, kiek konkrečios priemonės (esamos ar hipotetinės) įgyvendinimas kainuoja. Priemonių įgyvendinamumas atskleidžia, kaip sudėtinga įgyvendinti skatinimo priemonę politiniu ir administraciniu lygiu [57]. Priemonių veiksmingumo vertinimas parodo, kurios iš priemonių gali labiau prisidėti prie elektromobilių naudojimo plėtros [80]. Tiek įgyvendinamumas, tiek veiksmingumas gali būti tiriami kokybinės apklausos pagrindu įtraukiant ekspertus [57]. Gavus vartotojų preferencijų tyrimo, veiksmingumo, įgyvendinamumo ir kaštų analizės rezultatus, šiems keturiems tyrimo blokams turi būti nustatomas vertinimo kriterijų svoris. Rekomenduotina, kad šiuos svorius nustatytų ekspertai, kurie gali objektyviau įvertinti elektromobilių skatinimo aplinką, įvairius plėtros veiksnius ir barjerus. Šio straipsnio autorių siūlomą modelį užbaigia daugiakriterinis vertinimas,



2 pav. Elektromobilių naudojimo skatinimo priemonių vertinimo modelis (sudarytas straipsnio autorių)

kuriame apibendrinami visų tyrimo blokų rezultatai atsižvelgiant į vertinimo kriterijų svorius.

IŠVADOS

Straipsnio autoriai išanalizavo mokslinėje literatūroje elektromobilių panaudojimo plėtrą skatinančių priemonių efektyvumo vertinimo praktiką, apibendrinę agreguotą ir disagreguotą duomenų naudojimą analizėse. Pasiūlyta vertinimo metodikas klasifikuoti į tris grupes: statistine analize paremtus tyrimus, apklausomis paremtus tyrimus ir kitus skatinimo priemonių tyrimo būdus. Šalyse, kur švairių automobilių skatinimo politika turi ilgametę patirtį, konkrečių priemonių vertinimą galima atlikti analizuojant statistinę analizę. Tokių tyrimų metodologiją sudaro įvairių tipų regresijos. Tačiau tokia tyrimo kryptis netinka valstybėms, kurios visai neturi arba turi tik visapusiškos skatinimo politikos užuomazgas.

Elektromobilių panaudojimo plėtrą skatinančių priemonių efektyvumo tyrimuose, paremtuose apklausomis, dažniausiai analizuojamas vartotojų pasirengimas mokėti. Pagrindiniai būdai įvertinti vartotojų pasirengimą mokėti: naudoti nustatytą ir pareiktų preferencijų metodus. Diskretaus pasirinkimo modeliai yra dažniausiai sutinkami mokslinėje literatūroje, kuri analizuoja skatinimo priemonių efektyvumą. Tarp kitų elektromobilių panaudojimą skatinančių priemonių vertinimo būdų galima išskirti šiuos metodus: agentais grįstas modelis, dinaminis modeliavimas, daugiasluksnė perspektyva, inovacijų difuzijos modelis ir literatūros apžvalga.

Nemaža dalis mokslininkų į savo tyrimo modelį įtraukia keletą metodų. Kompleksinių modelių kūrimas padeda įvertinti skatinimo priemonių efektyvumą įvairiais aspektais, įvairiapusiškai ištirti ar palyginti skirtingais metodais gautus rezultatus. Straipsnio autoriai, remdamiesi išanalizuota praktika, konceptualizavo skatinimo priemonių efektyvumo vertinimo modelį. Remiantis šiuo modeliu siūloma analizuoti ir hipotetines skatinimo priemones, kurios šiuo metu nėra naudojamos tiriamoje šalyje, tačiau gali turėti reikšmingą poveikį elektromobilių plėtrai. Siūlomo modelio pagrindą sudaro preferencijų tyrimas.

Straipsnio autorių nuomone, norint visapusiškai įvertinti, ar skatinimo priemonės yra efek-

tyvios, reikia kompleksinio vertinimo, todėl į vieną modelį būtina įtraukti skirtingus metodus. Vartotojų preferencijos tyrimas papildytas įgyvendinamumo, veiksmingumo ir kaštų analize, kuri parodo, kiek konkrečios priemonės (esamos ar hipotetinės) įgyvendinimas kainuoja. Gavus vartotojų preferencijų tyrimo, veiksmingumo, įgyvendinamumo bei kaštų analizės rezultatus, šiems keturiems tyrimo blokams turi būti nustatomas vertinimo kriterijų svoris. Rekomenduotina, kad šiuos svorius nustatytų ekspertai, kurie gali objektyviau įvertinti elektromobilių skatinimo aplinką, įvairius plėtos veiksnius ir barjerus. Šio straipsnio autorių siūlomą modelį užbaigia daugiakriterinis vertinimas, kuriame apibendrinami visų tyrimo blokų rezultatai atsižvelgiant į vertinimo kriterijų svorius.

Gauta 2019 05 15

Priimta 2019 12 05

Literatūra

1. Windisch E. *Driving Electric? A Financial Analysis of Electric Vehicle Policies in France*. Statistical Finance. Ecole des Ponts ParisTech, 2013. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00957749>
2. Daina N., Sivakumar A., Polak W. J. Modelling electric vehicles use: a survey on the methods. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 68. P. 447–460.
3. Malmgren I. Quantifying the societal benefits of electric vehicles. *World Electric Vehicle Journal*. 2016. Vol. 8. P. 2032–6653.
4. Hardman S., Chandan A., Tal G., Turrentine T. The effectiveness of financial purchase incentives for battery electric vehicles – A review of the evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 80. P. 1100–1111.
5. Kley F., Wietschel M., Dallinger D. *Evaluation of European Electric Vehicle Support Schemes*. Working Paper Sustainability and Innovation, No. S7/2010. <https://hdl.handle.net/10419/40019>
6. Yang Z., Slowik P., Lutsey N., Searle S. *Principles for Effective Electric Vehicle Incentive Design*. Washington, DC: International Council on Clean Transportation, 2016. https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf

7. Mačiulis P., Konstantinavičiūtė I., Pilinkienė V. Assessment of electric vehicles promotion measures at the national and local administrative levels. *Engineering Economics*. 2018. Vol. 29. No. 4. P. 434–445.
8. Hanley C. *Going Green: How Local Authorities Can Encourage the Take-up of Lower-carbon Vehicles*. Royal Automobile Club Foundation, 2011. https://www.racfoundation.org/wp-content/uploads/2017/11/61442_racf_lcv-and-la-powers-author-buchanan_aw2_web.pdf
9. Hall D., Moultak M., Lutsey N. *Electric Vehicle Capitals of the World: Demonstrating the Path to Electric Drive*. Washington, DC: International Council on Clean Transportation, 2017. https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-EV-Capitals_White-Paper_06032017_vF.pdf
10. Rogers E. M. *Diffusion of Innovations*. 5th ed. New York: Free Press, 2003.
11. Wang N., Pan H., Zheng W. Assessment of the incentives on electric vehicle promotion in China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 101. P. 177–189.
12. Wang S., Li J., Zhao D. The impact of policy measures on consumer intention to adopt electric vehicles: Evidence from China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2017. Vol. 105. P. 14–26.
13. Alhulail I., Takeuchi K. *Effects of Tax Incentives on Sales of Eco-friendly Vehicles: Evidence from Japan*. Discussion Paper No. 1412. Graduate School of Economics, Kobe University, 2014.
14. Ramos-Real F. J., Ramírez-Díazb A., Gustavo A., Marrerob G. A., Perez Y. Willingness to pay for electric vehicles in Island regions: The case of Tenerife (Canary Islands). *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 98. P. 140–149.
15. Mersky A. C., Sprei F., Samaras C., Qian Z. S. Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2016. Vol. 46. P. 56–68.
16. Axsen J., Kurani K. Hybrid, plug-in hybrid, or electric – What do car buyers want? *Energy Policy*. 2013. Vol. 61. P. 532–543.
17. Sierzechula W., Bakker S., Maat K., Wee B. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*. 2014. Vol. 68. P. 183–194.
18. Diamond D. The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: evidence from US states. *Energy Policy*. 2009. Vol. 37. No. 3. P. 972–983.
19. Münzel C., Plötz P., Sprei F., Gnann T. How large is the effect of financial incentives on electric vehicle sales? – A global review and European analysis. *Energy Economics*. 2019. Vol. 84. 104493.
20. Shewmake S., Jarvis L. Hybrid cars and HOV lanes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 67. P. 304–319.
21. Vergis S., Chen B. Comparison of plug-in electric vehicle adoption in the United States: a state by state approach. *Research in Transportation Economics*. 2015. Vol. 52. P. 56–64.
22. Verbeek M. A. *Guide to Modern Econometrics*. 4th ed. Wiley, 2015.
23. Qiu Y. Q., Zhou P., Sun H. C. Assessing the effectiveness of city-level electric vehicle policies in China. *Energy Policy*. 2019. Vol. 130. P. 22–31.
24. Javid J. R., Nejat A. A comprehensive model of regional electric vehicle adoption and penetration. *Transport Policy*. 2017. Vol. 54. P. 30–42.
25. Ma S., Fan Y., Feng L. An evaluation of government incentives for new energy vehicles in China focusing on vehicle purchasing restrictions. *Energy Policy*. 2017. Vol. 110. P. 609–618.
26. Wee S., Coffman M., La Croix S. Do electric vehicle incentives matter? Evidence from the 50 US states. *Research Policy*. 2018. Vol. 47. No. 9. P. 1601–1610.
27. Chandra A., Gulati S., Kandlikar M. Green drivers or free riders? An analysis of tax rebates for hybrid vehicles. *Journal of Environmental Economics and Management*. 2010. Vol. 60. P. 78–93.
28. Jenn A., Azevedo I. L., Ferreira P. The impact of federal incentives on the adoption of hybrid electric vehicles in the United States. *Energy Economics*. 2013. Vol. 40. P. 936–942.
29. Gallagher K. S., Muehlegger E. Giving green to get green? Incentives and consumer adoption of hybrid vehicle technology. *Journal of Environmental Economics and Management*. 2011. Vol. 61. No. 1. P. 1–15.
30. Li S., Tong L., Xing J., Zhou Y. The market for electric vehicles: indirect network effects and policy design. *Journal of the Association of Environmental*

- and Resource Economists*. 2017. Vol. 4. No. 1. P. 89–133.
31. Jenn A., Springel K., Gopal A. R. Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States. *Energy Policy*. 2018. Vol. 119. P. 349–356.
 32. Štreimikienė D., Ališauskaitė-Šeškienė I. Lietuvos gyventojų pasirengimo mokėti už atsinaujinančius energijos išteklius vertinimas. *Energetika*. 2014. T. 60. Nr. 3. P. 169–183.
 33. Breidert C., Hahsler M., Reutterer T. A review of methods for measuring willingness-to-pay. *Innovative Marketing*. 2006. Vol. 2. No. 4.
 34. Lieven T., Mühlmeier S., Henkel S., Waller F. J. Who will buy electric cars? An empirical study in Germany. *Transportation Research Part D*. 2011. Vol. 16. P. 236–243.
 35. Green P. E., Srinivasan V. Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook. *Journal of Consumer Research*. 1978. Vol. 5. No. 2. P. 103–123.
 36. Train K. E. *Discrete Choice Methods with Simulation*. 2nd ed. Cambridge University Press, 2009.
 37. Liao F., Molin E., van Wee B. Consumer preferences for electric vehicles: a literature review. *Transport Reviews: A Transnational, Transdisciplinary Journal*. 2017. Vol. 37. No. 3. P. 252–275.
 38. Ma S., Xu J. H., Fan Y. Willingness to pay and preferences for alternative incentives to EV purchase subsidies: An empirical study in China. *Energy Economics*. 2019. Vol. 81. P. 197–215.
 39. Krupa J. E., Rizzo D. M., Eppstein M. J., Lanute D. B., Gaalema D. E., Lakkaraju K., Warrender C. E. Analysis of a consumer survey on plug-in hybrid PEVs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 64. P. 14–31.
 40. Larson D., Viáfara J., Parsons R. V., Elias A. Consumer attitudes about electric cars: Pricing analysis and policy implications. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 69. P. 299–314.
 41. Krause R. M., Carley S. R., Lane B. W., Graham J. D. Perception and reality: Public knowledge of plug-in electric vehicles in 21 U.S. cities. *Energy Policy*. 2013. Vol. 63. P. 433–40.
 42. Hardman S., Tal G. Exploring the decision to adopt a high-end battery electric vehicle: the role of financial and non-financial motivations. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2016. Vol. 2572. No. 1. P. 20–27.
 43. Bjerkan K. Y., Nørbech T. E., Nordtømme M. E. Incentives for promoting Battery Electric Vehicle (BEV) adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2016. Vol. 43. P. 169–80.
 44. Tal G., Nicholas M. Exploring the impact of the federal tax credit on the plug-in vehicle market. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2016. Vol. 2572. No. 1. P. 95–102.
 45. Sánchez-Braza A., Cansino J. M., Lerma E. Main drivers for local tax incentives to promote electric vehicles: The Spanish case. *Transport Policy*. 2014. Vol. 36. P. 1–9.
 46. Qian L., Soopramanien D. Heterogeneous consumer preferences for alternative fuel cars in China. *Transportation Research Part D*. 2011. Vol. 16. P. 607–613.
 47. Hackbarth A., Madlener R. Consumer preferences for alternative fuel vehicles: a discrete choice analysis. *Transportation Research Part D*. 2013. Vol. 25. P. 5–17.
 48. Ewing G., Sarigollu E. Car fuel-type choice under travel demand management and economic incentives. *Transport Research D*. 1998. Vol. 3. No. 6. P. 429–444.
 49. Lee Y., Kim C., Shin J. A hybrid electric vehicle market penetration model to identify the best policy mix: a consumer ownership cycle approach. *Applied Energy*. 2016. Vol. 184. P. 438–449.
 50. Helveston J. P., Liu Y., McDonnell Feit E., Fuchs E., Klampfl E., Michalek J. J. Will subsidies drive electric vehicle adoption? Measuring consumer preferences in the U.S. and China. *Transportation Research Part A*. 2015. Vol. 73. P. 96–112.
 51. Lieven T. Policy measures to promote electric mobility – A global perspective. *Transportation Research Part A*. 2015. Vol. 82. P. 78–93.
 52. Skerlos S. J., Winebrake J. J. Targeting plug-in hybrid electric vehicle policies to increase social benefits. *Energy Policy*. 2010. Vol. 38. P. 705–708.
 53. Zhang X., Xie J., Rao R., Liang Y. Policy incentives for the adoption of electric vehicles across countries. *Sustainability*. 2014. Vol. 6. P. 8056–8078.
 54. Aasness M. A., Odeck J. The increase of electric vehicle usage in Norway incentives and adverse

- effects. *European Transport Research Review*. 2015. Vol. 7. No. 4.
55. Holtmark B., Skonhoft A. The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries? *Environmental Science & Policy*. 2014. Vol. 42. P. 160–168.
56. Ajanovic A., Haas R. Dissemination of electric vehicles in urban areas: major factors for success. *Energy*. 2016. Vol. 115. P. 1451–1458.
57. Bakker S., Trip J. J. Policy options to support the adoption of electric vehicles in the urban environment. *Transportation Research Part D*. 2013. Vol. 25. P. 18–23.
58. Kester J., Noel L., Zarazua de Rubens G., Sovacool B. S. Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: A qualitative review from the Nordic region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 94. P. 719–731.
59. Sheldon T. L., Dua R. Measuring the cost-effectiveness of electric vehicle subsidies. *Energy Economics*. 2019. Vol. 84. 104545.
60. Dumortier J., Siddiki S., Carley S., Cisney J., Krause R. M., Lane B. W., Rupp J. A., Grahamb J. D. Effects of providing total cost of ownership information on consumers' intent to purchase a hybrid or plug-in electric vehicle. *Transportation Research Part A*. 2015. Vol. 72. P. 71–86.
61. Langbroek J. H. M., Franklin J. P., Susilo Y. O. The effect of policy incentives on electric vehicle adoption. *Energy Policy*. 2016. Vol. 94. P. 94–103.
62. Potoglou D., Kanaroglou P. S. Household demand and willingness to pay for clean vehicles. *Transportation Research Part D*. 2007. Vol. 12. P. 264–274.
63. Qian L., Grisolia J. M., Soopramanien D. The impact of service and government-policy attributes on consumer preferences for electric vehicles in China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2019. Vol. 122. P. 70–84.
64. Nilsson M., Nykvist B. Governing the electric vehicle transition – Near term interventions to support a green energy economy. *Applied Energy*. 2015. Vol. 179. P. 1360–1371.
65. Shafiei E., Davidsdottira B., Fazelia R., Leaverb J., Stefanssonc H., Asgeirssonc E. I. Macroeconomic effects of fiscal incentives to promote electric vehicles in Iceland: Implications for government and consumer costs. *Energy Policy*. 2018. Vol. 114. P. 431–443.
66. McLane A. J., Semeniuk C., McDermid G. J., Marceau D. J. The role of agent-based models in wild life ecology and management. *Ecological Modelling*. 2011. Vol. 222. No. 8. P. 1544–1556.
67. Sun X., Liu X., Wang Y., Yuan F. The effects of public subsidies on emerging industry: An agent-based model of the electric vehicle industry. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. Vol. 140. P. 281–295.
68. Adepetu A., Keshav S., Arya V. An agent-based electric vehicle ecosystem model: San Francisco case study. *Transport Policy*. 2016. Vol. 46. P. 109–122.
69. Eppstein J. M., Grover K. D., Marshall S. J., Rizzo M. D. An agent-based model to study market penetration of plug-in hybrid electric vehicles. *Energy Policy*. Vol. 39. No. 6. P. 3789–3802.
70. Silvia C., Krause R. M. Assessing the impact of policy interventions on the adoption of plug-in electric vehicles: An agent-based model. *Energy Policy*. 2016. Vol. 96. P. 105–118.
71. Mueller M. G., Haan P. How much do incentives affect car purchase? Agent-based microsimulation of consumer choice of new cars – Part I: Model structure, simulation of bounded rationality, and model validation. *Energy Policy*. 2009. Vol. 37. P. 1072–1082.
72. Higgins A., Paevere P., Gardner J., Quezada J. Combining choice modelling and multi-criteria analysis for technology diffusion: An application to the uptake of electric vehicles. *Technological Forecasting & Social Change*. 2012. Vol. 79. P. 1399–1412.
73. Green E. H., Skerlos S. J., Winebrake J. J. Increasing electric vehicle policy efficiency and effectiveness by reducing mainstream market bias. *Energy Policy*. 2014. Vol. 65. P. 562–6.
74. DeShazo J. R. Improving incentives for clean vehicle purchases in the United States: challenges and opportunities. *Review of Environmental Economics and Policy*. 2016. Vol. 10. No. 1. P. 149–65.
75. Zhang X., Liang Y., Yu E., Rao R., Xie J. Review of electric vehicle policies in China: content summary and effect analysis. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 70. P. 698–714.

76. Zhang X., Bai X. Incentive policies from 2006 to 2016 and new energy vehicle adoption in 2010–2020 in China. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 70. P. 24–43.
77. Ahman M. Government policy and the development of electric vehicles in Japan. *Energy Policy*. 2006. Vol. 34. P. 433–443.
78. Murphy J. J., Allen P. G., Stevens T. H., Weatherhead D. A meta-analysis of hypothetical bias in stated preference valuation. *Environmental and Resource Economics*. 2005. Vol. 30. P. 313–325.
79. Law J. *A Dictionary of Business and Management*. Oxford University Press, 2009.
80. Zhou Y., Levin T. E., Plotkin S. E. *Plug-in Electric Vehicle Policy Effectiveness: Literature Review*. Energy Systems Division, Argonne National Laboratory, 2016. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/01/f34/PlugIn%20Electric%20Vehicle%20Policy%20Effectiveness%20Literature%20Review.pdf>

**Povilas Mačiulis, Inga Konstantinavičiūtė,
Vaida Pilinkienė, Alina Stundžienė**

THE MODEL FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF ELECTRIC VEHICLE PROMOTION MEASURES

Summary

The transportation sector has a particularly strong impact on governments' efforts to achieve the objectives of decarbonisation. This is especially true for road transport, where the main challenge is to switch to clean vehicles, electric cars being the most popular ones. Despite the advantages and growing popularity of electric vehicles, the development of their use is hampered by the price which is higher than that of conventional cars driven on fossil fuels. All countries possess limited resources, which necessitates the determination of how particular results can be achieved with the lowest possible material and time costs. In all countries, the majority of the road vehicle fleet consists of privately owned cars. Therefore, the assessment of individual promotion measures calls for taking into account not only expert opinions and financial gains, but also consumer preferences that can appear to be the main barrier to the development of the use of new technologies. Scientific literature contains a variety of the methods for assessing promotion of the use of electric cars based on different methodologies or their combinations. Nevertheless, there is still a lack of a measure effectiveness assessment system that would fully summarize consumer preferences, feasibility and efficiency, and would consider the costs of implementing financial and non-financial promotion measures. The main purpose of this article is to research the practice of assessing electric vehicle promotion measures and conceptualize the model for assessing the effectiveness of electric vehicle promotion measures. The methods of the research include scientific literature analysis, systematization and comparative analysis.

Keywords: electric vehicle, effectiveness, promoting measures