

ROBOTIKOS TAIKYMAS STEAM SISTEMOJE

Vytenis Sinkevičius^a, Lina Urbanavičiūtė^{a, b}

^a Kauno technologijos universitetas, Lietuva

^b Panevėžio kolegija, Lietuva

Anotacija. Straipsnyje pateikta trumpa apžvalga mokomųjų robotų, kurie galėtų tikti STEAM sistemoje kaip studijų objektas ir kaip tyrimo įrankis. Išanalizuota konstrukcionizmo mokymosi metodika, kuri šiuo metu yra viena tinkamiausių naudoti robotikoje. Taip pat apžvelgtos mokytojų, kurie galėtų dirbti STEAM sistemoje mentoriais, galimybės.

Raktiniai žodžiai: Robotika; STEAM; konstrukcionizmas.

ĮVADAS

Į Lietuvos formalųjį ir neformalųjį švietimą ateina STEAM (mokslas, technologijos, inžinerija, dizainas ir matematika) idėjos ir konkreti jų realizacija. Pagal Lietuvos STEAM viziją turėtų būti 10 STEAM centrų su keturiomis laboratorijomis: biologijos ir chemijos, fizikos ir inžinerijos, robotikos ir informacinių technologijų ir specializuota laboratorija, atliepanti tos apskrities teritorijos verslo ar mokslo specifiką. Savaiame suprantama, kad STEAM laboratorijose turi būti iš esmės kitoks, nei tradicinis mokymas mokyklos klasėse (Capraro 2013). Vienas iš mokymo būdų specialiuose STEAM centruose ar integruotame STEAM į formalųjį švietimą mokyklose yra mokymo procesas su tarpdisciplininis turiniu (Bell 2010). Čia moksleiviai, dirbdami komandose vysto ir įgyvendina problemos identifikavimo planą, fiksuoja tyrimo rezultatus ir juos analizuoja, dalinasi rezultatais ir patyrimu su kolegomis (Sormunen 2008). Įprasta, kad šios problemos nėra trivialios ir atitinka bendruomenės ar pačių moksleivių poreikius, taip skatinant susidomėjimą pačia problema. Kadangi nagrinėjamos problemos yra įdomios bendruomenei, tai moksleiviai pristato savo sprendimus tiek mokyklos, tiek miesto bendruomenei. Taip yra skatinama partnerystė tarp mokyklos, pramonės ir regiono aukštųjų mokyklų. Tokia partnerystė leidžia moksleiviams prisiliesti prie problemų autentiško tyrimo, gauti informaciją ir grįžtamąjį ryšį iš STEAM profesionalų, dirbančių tiriamos problemos srityje. Moksleiviai grįžtamojo ryšio informaciją įtraukia į galutinius savo tyrimų rezultatus. Tyrimo procesas palengvina praktinį, projektais pagrįstą mokymą (PBL Project-Based Learning), kuris yra STEAM sistemos pagrindas (Bell 2010). Apskritai, PBL skatina mokinių aktyvų dalyvavimą autentiškų problemų sprendime (Bell 2010), panaudojant konstravimo (hands-on) mokymo praktiką (Steffe ir kt. 1995).

Tokiu būdu STEAM sistemoje bus siekiama ugdyti kūrybiškumą, kritinį mąstymą, gebėjimus dirbti komandinį darbą, tyrinėti, eksperimentuoti ir analizuoti gautus rezultatus. Planuojama, kad Lietuvos STEAM laboratorijos vienu metu turi būti patrauklios 5-12 klasių moksleiviams. Todėl šis didžiulis žingsnis į naują kokybę yra glaudžiai susietas su keliais esminiais klausimais: kokia aplinka ir įranga bus laboratorijose, kokios turėtų būti mokymo metodikos, kas jas paruos ir aprobeuos, kas atrinks ir paruos mokytojus veiklai STEAM laboratorijose.

Neatsiejama STEAM dalis yra robotika (Mikropoulos ir kt. 2013). Čia ji naudojama dvejopai: kaip studijų ir tyrimų objektas (robotikos ir informacinių technologijų laboratorija) arba kaip tyrimo įrankis, vykdamas įvairius projektus (Mubin ir kt. 2013). Kita vertus, pasaulinė patirtis rodo, kad STEAM sistema gali būti sėkmingai įdiegta jau nuo pirmosios klasės, o kai kuriose valstybėse čia dalyvauja ikimokyklinio amžiaus vaikai nuo 4-ųjų metų (Bers ir kt. 2016).

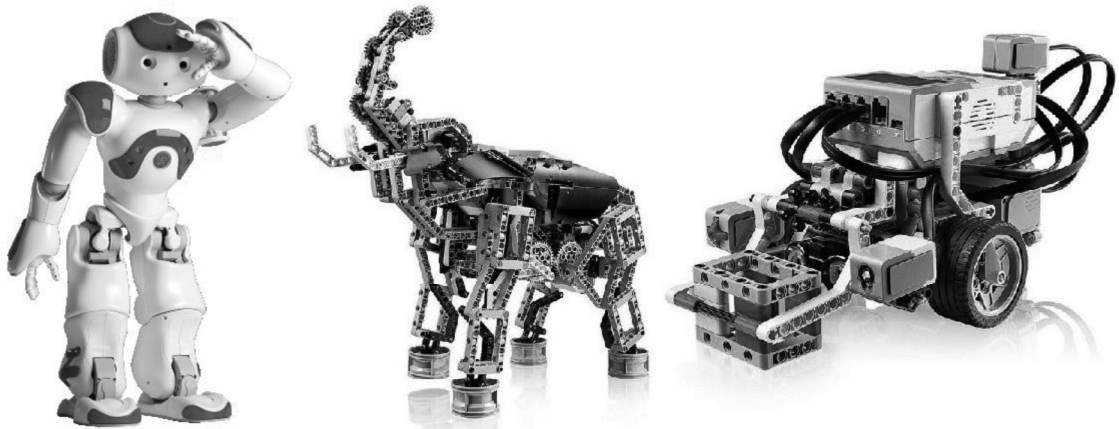
Šiame darbe pateikiama robotikos technologijomis grįstos mokymosi metodikos ir įrangos, skirtos technologinių ir gamtos mokslų sričiai, analizė. Čia robotika yra studijų objektas ir tuo pačiu metu kitų mokslų studijų ir tyrimo įrankis. Robotikos sąsaja su informacinėmis technologijomis yra vienareikšmiai suprantama – robotų veiklai vykdyti yra kuriami algoritmai ir valdančios programos. Tačiau sąsajos su fizikos, inžinerijos, biologijos, chemijos ir kitais mokslais gana sunkiai apčiuopiamos. Todėl būtina apjungti robotikos ir kitų mokslų mokymo kompetencijas ir kristalizuoti jas mokymo metodikose. Vykdyto projekto „Ugdymo metodų atitiktis STEAM gebėjimų plėtotei“ (kodas NR. EEE-LT08-ŠM-01-K-02-026) rezultate išleisti du leidiniai: „Robotikos technologijomis grįstas STEM mokslų mokymosi gerosios praktikos vadovas“ ir „Robotikos technologijomis grįsta mokymosi metodika“.

ROBOTIKOS ĮRANGA STEAM LABORATORIJOSE

STEAM laboratorijose naudojamos priemonės iš esmės lemia robotikos integravimo į švietimą galimybes. Rinkoje robotų, skirtų mokymuisi, pasirinkimas yra labai platus (Goh 2014). Pradedant uždaros platformos robotais, kurie skirti tik programavimui, ir baigiant atviros platformos robotais, kurių mechatronika ir valdymo sistemos yra konstruojamos iš atskirų komponentų ir vartotojas gali sukurti įvairiausio sudėtingumo ir paskirties robotus (Eguchi 2014). Pagal savo galimybes robotikos mokymo priemonės gali būti skirstomos į tris tipus:

- atvira platforma, kurioje konstruojama ar kuriama pati technologija;
- uždara platforma, kurioje technologija jau sukurta ir jos negali keisti, tik programuoti;
- pusiau atvira platforma, kai dalis technologijų yra uždara vartotojui, o dalis atvira konstravimui.

Uždaros platformos robotus galima tik programuoti, kad jie atliktų tam tikrus veiksmus arba užduotis, nesiaiškinant jų mechatroninės konstrukcijos ir jos veikimo principų. Jutikliai ir vykdikliai yra integruoti į konstrukciją, jų kiekis ir tipai parinkti gamintojo, vartotojas jų pakeisti ar kitaip naudoti negali. Roboto vidinė sandara moksleiviui yra nematoma (1 pav.). Tokie robotai skirti mokytis programuoti roboto veiksmus ar studijuoti programavimą, kai robotas naudojamas programos testavimui. Tačiau toks robotas praktiškai netinka konstrukcionistiniam mokymui, nes konstruojama tik roboto programa.



1 pav. Robotų platformos: kairėje uždaros platformos robotas „Nao“, viduryje ir dešinėje pusiau atviros platformos robotas „Lego Mindstorms EV3“

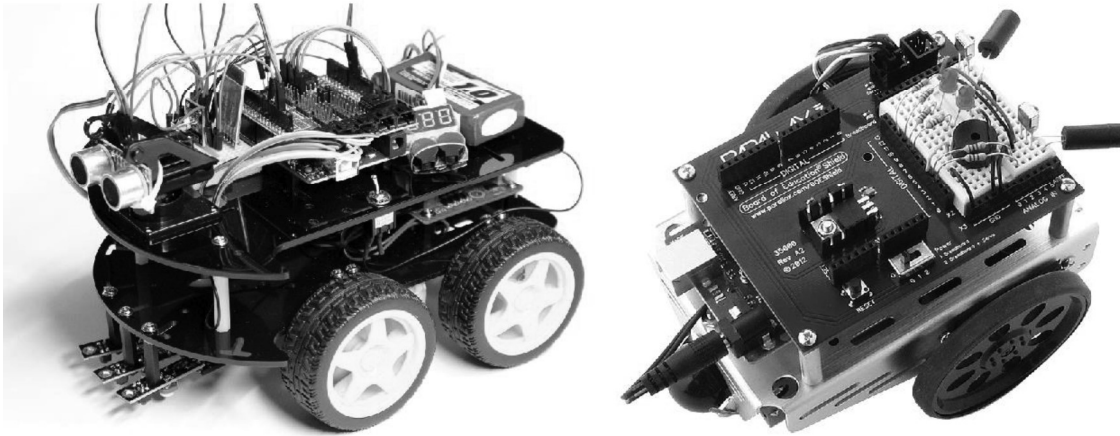
Pusiau atviros platformos robotus galima ne tik programuoti, bet ir keisti, modifikuoti, tobulinti jų konstrukcijas, panaudoti įvairius jutiklius ir vykdiklius. Pavyzdžiui, „Lego Mindstorms EV3“ roboto mechaninę konstrukciją kuria ir programuoja patys vaikai, parenka reikiamus jutiklius, vykdiklius, jų tvirtinimo vietas bei konstrukciją. Šio tipo robotui yra pateikiama ne tik programavimo aplinka, bet ir konstravimo įrankiai su priemonėmis. Tačiau roboto kompiuterio sandara, jutiklių ir vykdiklių konstrukcijos yra uždaros. Moksleiviai juos tik sujungia kabeliais, o kokia informacija perduodama tais kabeliais jie nežino. Kitas pusiau atviros platformos pavyzdys yra „Boe-Bot“ ir „Arduino Smart Car for steering wheel“ robotai (2 pav.). Čia vartotojui uždara yra važiuoklės konstrukcija – vartotojas ją tik surenka, tačiau konstrukcijos pakeisti negali. Tuo tarpu jutiklių elektrines grandines moksleiviai jungia iš atskirų elementų ir taip susipažįsta su elektronikos pagrindais.

Visi pusiau atviros konstrukcijos edukaciniai robotai turi kelis trūkumus:

1. pasiekus tam tikrą lygį arba įgijus bazinių žinių, žengiant toliau sudėtingumo lygis kyla tiek programine, tiek konstrukcine prasme. Ir čia pradeda veikti pasirinkto roboto techniniai apribojimai: maksimalus borto kompiuterio greitis, kompiuterio naudojamos atminties dydis ir tuo pačiu maksimalus vykdomų instrukcijų kiekis, maksimalus prijungiamų jutiklių ar vykdiklių kiekis, pateikiama jutiklių įvairovė;

2. roboto mechatronikos konstravimas reikalauja daugiau laiko pasiruošimui ir užduočiai atlikti. Be to, vaikų susidomėjimas roboto konstravimu ir jo valdymu gali būti didesnis nei keliami pamokos tikslai. Kita vertus, šis susidomėjimas gali būti ir naudingas įtraukiant į pamokas papildomus uždavinius, susijusius su atitinkamomis konstrukcijomis ar jų elementais. Tačiau, jeigu kalbama apie robotiką, konstravimas turi

būti neatsiejama robotų programavimo dalis, bent jau pradiniame etape tol, kol vaikai susipažįsta su robotų konstrukciniais ir veikimo principais ar sąvokomis;



2 pav. „Arduino Smart Car for steering wheel“ ir „Boe-Bot“ pusiau atviros platformos robotai, kur jutiklių elementai ir grandynai sujungiami laidais maketavimo plokštėje

3. sukomutuotos laidais elektroninės grandinės, didėjant elementų ir jungiamųjų laidų kiekiui, tampa vis mažiau patikimos. Aišku, gedimo paieška taip pat gali būti mokymo dalis;

4. bet kuris pusiau atviros ar uždaros platformos robotas yra skirtas konkrečiam amžiaus vaikams, dviejų-keturių metų diapazone. Nėra nė vieno roboto, kuris tiktų vaikams nuo keturių metų iki dvyliktoko.

Paskutinį trūkumą dalinai išsprendė LEGO kompanija (LEGO Education 2009), pateikdama visą liniją robotų ir konstruktorių, skirtų įvairaus amžiaus vaikams (3 pav.).

	Iki mokyklos	Klasės											
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Mechanizmai ir struktūros	Tech Machines												
	Early Structures												
	Early Simple Machines												
	Simple & Powered Mechanisms												
	Advancing with Simple & Powered Machines												
	Pneumatics & Machines												
Robotų platformos	WeDo™ Robotics												
	NXT, EV3 Robotics												
	Tetrix EV3												

3 pav. LEGO konstruktorių ir robotų rinkinių linija vaikams pagal amžių (šaltinis: LEGO Education 2009)

„4C“ MOKYMOSI PROCESAS

Patys robotai, be tinkamos mokymo metodikos, yra tik brangūs konstruktoriai. Firmos gamintojos, kaip taisyklė, pateikia metodinę medžiagą: roboto surinkimas ir kelios ar keliolika pamokų, kur studijų objektas yra roboto valdymas ir navigacija. Tai klasikinė instrukcionistinė mokymo metodika (Karagiorgi ir kt. 2005) paremta tiksliais, iš anksto paruoštais, instrukcijų vykdymu. Ir visa tai dažniausiai nėra susieta su formaliojo ugdymo. Vienas iš efektyvių mokymo robotikos metodų yra „4C“ mokymosi procesas. Tai kertinė „LEGO Education“ mokymosi metodikos dalis. „4C“ – tai mokymosi proceso struktūra, kuri užtikrina geriausią mokymosi procesą ir resursų panaudojimą. Tai pažinimo ir susipažinimo procesas, kuris orientuotas į įgimus mokinių gebėjimus konstruoti ir kurti, tirti priežastis ir poveikį, eksperimentuoti sprendžiant problemas. „4C“ procesas – tai konstrukcionistinio mokymo (Steffe ir kt. 1994) susistemintas procesas, sudarytas iš keturių mokymosi etapų:

- susiek (angl. connect),
- konstruok (ang. construct),
- mąstyk (ang. contemplate),
- tęsk (angl. continue).

Tai lyg iteracinė mokymosi spiralė, kur galimi daliniai arba viso proceso pakartojimai. Šie keturi etapai išanalizuoti detaliau ir pateikti toliau.

Susiek (Connect) konstrukcionistinio mokymo etape mokymo turinys susiejimas su realiais gyvenimo pavyzdžiais ar realiomis problemomis, kurios tiesiogiai ar netiesiogiai gali būti susiję su besimokančiais. Tai yra vienas iš svarbiausių elementų, nes tada mokymasis tampa prasmingas ir mokiniai įsitraukia į mokymo procesą nuo pat pirmųjų akimirku. Susiejimo fazėje mokytojas pateikia atvirus klausimus ir idėjas, kurie pažadina vaikų smalsumą, skatina tyrinėti ir eksperimentuoti ieškant sprendimų. Pažadintas smalsumas įtraukia moksleivius į savarankiško mokymosi procesą ir sukuria vidinę motyvaciją mokytis. To siekia viso pasaulio švietimo sistemos, nes toks mokymasis yra pats efektyviausias.

Savimotyvacija prasideda sužadinus smalsumą, susiejant mokomo turinio naudą ir pritaikymo sritis. Susiejant mokymosi temas svarbu, kad vaikas būtų įsitikinęs, kad jis galės vienaip ar kitaip atlikti šią užduotį ir, kad sėkmė priklausys tik nuo jo asmeninių pastangų. Sujungti jau esamas žinias ir jau įgytus gebėjimus yra taip pat svarbu, nes tinkama pradžia suteiks daugiau pasitikėjimo savimi ir palengvins, pagreitins, įtrauks į srauto būseną. Ruošiant susiejimo fazę svarbu atsižvelgti į vaikų socialinį ir demografinį kontekstą, nes sėkmingai susiejama tik tuomet, kai besimokančiajam tai yra aktualu. Pavyzdžiui, užduotis apie automobilių spūstis miestuose gali būti visiškai neaktuali kaimo vietovės vaikams, kur tokių reiškinių nebūna. Yra svarbu atsižvelgti ir į socialinius skirtumus tam, kad visa klasė įsitrauktų į mokymosi procesą. Taip pat būtina reikia atsižvelgti į besimokančiųjų amžių.

Susieti – tai parodyti prasmę, naudą ir, kad tai bus panaudojama gyvenime. Tuomet tai tampa svarbu ir įsimintina visam gyvenimui.

Konstruok (Construct) etape moksleiviams suteikiama galimybė konstruoti atsakymus į pateiktus klausimus. Per konstravimą, eksperimentus ir gautų rezultatų analizę moksleiviai lengviau suvokia priežasties – pasekmės ryšį, supranta juos supančio pasaulio mechanizmų veikimo principus ir taip konstruoja žinojimą. „Vaikams konstruojant realaus pasaulio artefaktus, tuo pačiu konstruojamos žinios ir suvokimas“. Konstravimas – tai konstruktyvistinio mokymo pagrindas. Kaip teigė Žanas Piaže, „neįmanoma perkelti žinių kitiems – kiekvienas turi sukonstruoti žinojimą sau ir pagal save, tam, kad jie tai įsisavintų“ (Piaget 2000). O konstrukcionistinio mokymo įkūrėjas Seymouras Papertas teigia, kad „mokymas ir mokymasis – tai tik konteksto kūrimas, kuris sudaro sąlygas mokytis“, tai reiškia, kad besimokantysis yra aktyvus mokymosi kūrėjas, o ne pasyvus klausytojas (Papert 1991).

Konstravimo etape moksleiviams pateikiami įrankiai ir objektų sistema kūrimui, rekonstravimui ar konstravimui. Sukonstruoti sprendimai suteikia vaikams galimybę modeliuoti ir eksperimentuoti, kad suvoktų priežasties – pasekmės ryšius ir geriau suvoktų realiame pasaulyje egzistuojančius reiškinius ar mechanizmų veikimo principus. Konstravimas padeda formuoti įgūdį, įgytas žinias taikyti praktinėje veikloje ir taip užtikrinti ilgalaikį rezultatą.

Konstravimas sužadina ne tik emocinę atmintį, būnant sraute, bet ir aktyvuoja motorinę atmintį. Motorinė atmintis – tai gebėjimas įsiminti, laikyti atmintyje judesius ir jų sekas. Kuo daugiau atminties tipų aktyvuojama mokymosi metu, tuo didesnė tikimybė, kad įgytos žinios išliks ilgalaikėje atmintyje ir bus pritaikytos praktikoje.

„4C“ proceso metu aktyvuojamos visų tipų atmintys. Žodinė atmintis aktyvuojama susiejimo fazėje, užduodant klausimus ir dalinimosi fazėje, reflektuojant ir dalinantis patirtimi su draugais. Srauto būseną aktyvuoja emocinę atmintį, kuomet patirtis teikia savirealizacijos džiaugsmą. Konstravimo metu aktyvuojama motorinė atmintis, tai lyg banko kortelės kodo fenomenas, daugelio žmonių paklausus banko kortelės kodą, ne kiekvienas atsakytų iš karto. Tačiau, priėjus prie bankomato, kortelės kodas atkuriamas akimirksniu. Na ir ketvirtas tipas – vaizdinė atmintis, sukuriama vizualizuojant sprendimus ir sukonstruojant objektus.

Konstravimas neturi būti pamokos tikslas, tai tiesiog mokymo priemonė, tai galimybė kiekvienam asmeniškai ir savaip eiti pažinimo keliu. Konstravimo procesą galima suskirstyti į tris tipus:

1. tyrinėjimas – paprasti mechanizmai modernizuojami ir tobulinami. Šiuo būdu moksleiviai susipažįsta su pagrindinėmis koncepcijomis ir mechanizmų veikimo principais. Taip pat galima tyrinėti programų, dirbančių su jutikliais ar vykdikliais, fragmentus. Išbandyti kaip veikia vienas ar kitas jutiklis, variklis;

2. konstravimas pagal instrukcijas – pateikiamos mechatroninės roboto dalies ar robotą valdančios programos konstravimo instrukcijos. Robotų konstravimas naudojamas tik srauto būsenai pasiekti ir personalizuoti įžvalgą, o jau sukonstruotas objektas bus naudojamas mokymo procese;

3. problemų sprendimo – moksleiviai kuria objektą nuo pradžių, nuo koncepcijos, konstrukcijos iki programos ir visos sukurtos sistemos bandymų. Šiuo atveju mokytojo indėlis yra svarbiausias, nes tik nuo jo priklauso, kaip ir ar pasieks iškeltus tikslus.

Šie trys metodai gali būti naudojami vienai ir tai pačiai pamokai vesti, kiekvienu atveju sunkinant keliamas užduotis ir akcentuojant skirtingus mokymosi uždavinius. Tai suteikia mokytojui laisvę ta pačia pamoka mokyti skirtingo lygio klase, parenkant jiems tinkamiausią variantą.

Kai robotas yra naudojamas kaip tyrimo įrankis, tada konstravimo uždaviniai sudaryti iš didesnio kiekio konstrukcijų. Tiriant kokį nors reiškinį, dėsnį ar problemą pirmiausiai reikia sukurti tyrimo ar eksperimento algoritmą – kaip, ką ir kada matuosime, kaip paveiksime tyrimų objektą. Po to reikia sukonstruoti aplinką, kurioje robotas ar robotinė mechatroninė sistema vykdys eksperimentą. Kai aplinka jau apibrėžta, tada konstruojamas robotas, kuris gebės veikti toje aplinkoje. Dabar jau galima konstruoti robotą valdančią programą. Įprasta, kad programos kūrimo metu atliekami tos programos veikimo eksperimentiniai tyrimai – vyksta programos derinimas. Kai visos dedamosios įvykdytos, atliekami eksperimentai ir užfiksuojami eksperimento rezultatai.

Norint sutrumpinti konstravimo laiką, reikia teisingai parinkti komandos dalyvių kiekį. Jei jau paruošta aplinka standartinė (stacionarus labirintas, juosta sekimui jau nubrėžta ant grindų ir kt.), tai minimalus komandos dalyvių kiekis turėtų būti du.

Aplinkos konstravimas yra viena iš mažiausiai aptartų konstruktyvizmo dalių. Dažniausiai visas dėmesys nukreiptas į programuojamą roboto važiuoklę, jutiklius ant važiuoklės ir valdymo būdus, kaip ir kur ta važiuoklė turėtų judėti. Jei robotas naudojamas kaip įrankis tyrinėti kokį nors reiškinį, tai jis gali būti naudojamas kaip programuojamas matavimo prietaisas, mechatroninė sistema, daranti poveikį tiriamam objektui (Goh 2014). Kartais tyrimo procese gali dalyvauti keli robotai. 4 pav. parodyta aplinka, skirta trinties dėsnio tyrimams. Čia robotas su savo ultragarsiniu jutikliu matuoja atstumą iki sienelės. Robotą atgal traukia pakabintas svarelis. Robotas čia jokios „prasmingos“ veiklos neatlieka, jis užduotais laiko intervalais matuoja atstumą iki sienelės ir užfiksuoja atmintyje gautą rezultatą.



4 pav. Trinties dėsnio tyrimo aplinka (šaltinis: Goh, 2014)

Aptarimas (contemplate) yra daugiau negu pasidalinimas informacija, bet ir konstravimo patirties apmąstymas. Mokytojas inicijuoja ir moderuoja konstravimo įspūdžių aptarimą ir refleksiją. Moksleiviai pasidalija savo patirtimi, kaip jiems sekėsi spręsti užduotis, dirbti ir komunikuoti komandoje. Labai svarbus yra mokytojo vaidmuo moderuojant reflektavimo ir pasidalijimo patirtimi procesą. Svarbu užduoti tinkamus klausimus, kurie skatintų moksleivius draugiškai dalintis savo įžvalgomis.

Vien tik konstravimo ir bandymų procesas, neaptariant patirties, būtų neefektyvus. Svarbu, kad konstravimo fazėje įgytos žinios būtų verbalizuojamos dėl trijų priežasčių:

1. tai yra vienas iš būdų, kaip patikrinti mokymosi proceso eigą ir mokinių pasiekimus, sužinoti, kaip moksleiviai mąsto ir suvokia mokomąjį turinį. Šiame etape mokytojas gali koreguoti užduotį ar mokymosi eigą kitoje fazėje – „Tęsk“. Pavyzdžiui, jeigu moksleiviams užduotis buvo per lengva, tuomet tobulinimo fazėje pateikiama sudėtingesnė užduotis. Kita vertus, jeigu užduotis per sunki, tuomet mokytojas turi išsiaiškinti, kokia užduoties dalis buvo sunkiau suvokiama ar, kurį darbą buvo sunkiau atlikti. Priklausomai nuo atsakymo, mokytojas gali iškelti diskusiją grupėje, tuomet būtų prieita prie kolektyvinio sprendimo: ar pakoreguoti tęsimo fazės užduotį, fokusuojantis į aktualią temą;

2. tai yra galimybė vaikams užpildyti spragas. Grupės diskusijoje, kai visi dalijasi savo patirtimi, įgyjama grupinė patirtis. Sprendimo būdai galėjo būti skirtingi, nes kiekvieno pradinės žinios ir patirtis skiriasi, o ką jau kalbėti apie unikalų mąstymo struktūrą. Pavyzdžiui, vienai grupei geriau sekėsi konstruoti mechaninius sprendimus, kitai sukurti algoritmą ir parašyti roboto programą. Refleksijos metu pirma komanda pasisėms idėjų programai sukurti, o antroji patobulins savo roboto konstrukciją. Dalijimosi ir apmąstymo fazė būtent ir skirta tam, kad moksleiviai mokytojai ir iš klasės patirties;

3. refleksijos ir dalijimosi metu, mokytojui moderuojant, moksleiviai jungia savo įgytą patirtį ir žinias, susieja jas su realaus pasaulio pavyzdžiais, suvokia taikomąją prasmę.

Aptarimo fazė – tai ir apmąstymo fazė, angliškai naudojamas terminas kontempliuoti (Contemplate), tačiau pagal savo esmę tai labiau pasidalinimo patirtimi procesas. Be to, tai palaiko savarankiško mokymosi procesą, nes ne mokytojas padeda atsakyti į klausimus, o bendramoksliai su savo unikaliais sprendimais papildo esamą patirtį ir praplečia žinojimo akiratį. Taip pat šioje fazėje netgi rekomenduojama moksleiviams fiksuoti tarpinius rezultatus ir aprašyti savo įžvalgas. Tai rekomenduojama dėl kelių priežasčių: pirma, kad būtų galima palyginti tarpinius ir galutinius rezultatus ir antra, esant sudėtingesnėms pamokoms, dažnai prireikia kelių ar daugiau pamokų, tuomet aptarimo fazėje fiksuojami tarpiniai pasiekimai, o kitos pamokos metu tęsiama pradėta pamoka ar jų ciklas.

Mokiniai apsvarsto, ką jie išmoko, kalba apie tai ir bendrina įžvalgas. Mokiniai yra skatinami užduoti klausimus apie procesą ir palengvinti mokymąsi iki šiol. Šioje fazėje mokytojo dalyvavimas yra aktyviausias iš visų keturių fazių.

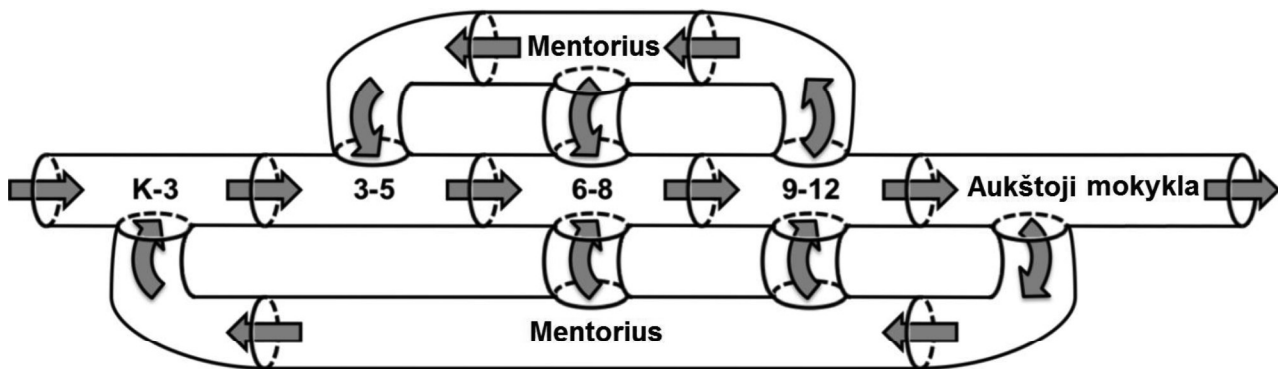
Tęsimo (Continue) fazė – tai įgytos patirties ir žinių (konstravimo ir dalijimosi fazėse) pritaikymas ir panaudojimas sukurtam objektui tobulinti ar užbaigti. Dažniausiai šioje fazėje konstravimas – tai laisva kūryba, paremta pamokos rėmuose įgyta patirtimi ir žiniomis. Tęsimo fazėje moksleiviai įgyja kompetenciją taikyti įgytas žinias kartu su įgyta patirtimi. Vienas iš šios fazės privalumų yra kūrybiška esmė, nes moksleiviai kuria ar tobulina, remdamiesi savo patirtimi ir tai, kas jiems atrodo įdomu ir prasminga, o tai veda srauto būsenos link, kai moksleiviai išlaiko savo susidomėjimą ir aktyvumą iki pamokos pabaigos. Tęsimo fazė – tai užbaigimo fazė, ir kiekvienas turi savo pabaigą, kuri suteikia vidinį pasitenkinimą savimi, savo jėgomis ir žiniomis, ir įprasmina visą mokymosi procesą. Laiko valdymo prasme, tęsimo fazė yra viena pažeidžiamiausių, nes užduotis kūrybiška ir ši fazė yra paskutinė, pamokos pabaigoje.

„4C“ metodikos taikymas gali būti ir kartotinis, tarkime, dalijimosi ir tęsimo fazės gali būti kartojamos net keletą kartų, priklausomai nuo užduoties pobūdžio, pamokos tikslų ir tam skirto laiko. Ištesinio mokymosi metu, kai vienai temai išdėstyti reikalinga kelios ar daugiau pamokų, arba projekcinio mokymo metu, kai projektas gali tęstis ir mėnesį, atskirą pamoką privaloma baigti bent jau aptarimo faze, tačiau rekomenduojama pereiti visas fazes.

MOKYTOJAI STEAM KLASĖSE

Mokymo metodikoms realizuoti reikalingi specialiai tam paruošti mokytojai ir mentoriai. Lietuvoje kol kas nėra jokios veikiančios sistemos, kuri užtikrintų mokytojų, dirbančių su robotais STEAM aplinkoje, kvalifikacijos suteikimą. Kol kas tik „Robotikos Akademija“ organizuoja mokytojų mokymus, kur mokoma LEGO robotiką įtraukti į neformalųjį ar formalųjį švietimą. Dirbant STEAM projektinėje veikloje, komandas gali sudaryti įvairaus amžiaus ir patirties moksleiviai. Tai yra didelis iššūkis mokytojams, įpratusiems dirbti su vienodo amžiaus klase. Tačiau įvairovė yra labai svarbi mokymosi aplinkos savybė dėl dviejų dalykų: įgūdžių ir stiliaus įvairovės. Turtingoje mokymo priemonių mokymosi aplinkoje gali mokytis skirtingą patirtį turintys ir skirtingo amžiaus vaikai, nuo pradedančiojo iki eksperto. Tai sudaro sąlygas vienoje klasėje mokytis skirtingo amžiaus ir lygio moksleivius. Tokios aplinkos vienas iš privalumų – vaikai su mažesne patirtimi turi galimybę mokytis ir iš didesnę patirtį turinčių ar vyresnių vaikų. O vaikai su didesne patirtimi tobulina savo įgūdžius, žinias ir suvokimą, padėdami kitų. Stilių įvairovė – kai nėra teisingo ar neteisingo kelio, kiekvienas būdas ar sprendimas tinkami, jeigu tai prasminga kūrėjui.

Amžiaus įvairovę labai gerai iliustruoja STEAM studijų tėkmė (5 pav.) (Barker 2012). Tėkmė prasideda ankstyvame amžiuje, kai vaikai sudominami dalyvauti STEAM procese. Veikla prasideda tada, kai 6-8 metų amžiaus vaikai pradeda susieti savo elgesį su savo įsitikinimais [B]. Pirmas svarbus tėkmės bruožas – tai STEAM dalyvius įtraukti į judėjimą į priekį, iš vieno svarbaus taško į kitą. Tai sukuria pačią tėkmę ir sudaro labai svarbią galimybę vaikams įsivaizduoti savo būsimą sėkmę. Vaikai linkę stebėti žmones nuo penkerių iki šešerių metų vyresnius už save ir pagal juos modeliuoti savo elgesį. Kaip pavyzdys yra tai, kad labai populiarių „American Idol“ televizijos laidų, kurių dalyviai yra 18-20 metų amžiaus, 50% žiūrovų yra 13 metų vaikai. Ši savybė yra labai svarbi STEAM srauto dedamoji dalis, kadangi vyresnių vaikų (3-7 metais) veikla tampa sektinu pavyzdžiu. Taigi, antra tėkmės svarbi savybė yra mentorai ir jų įtaka. Mentorai sraute gali atsirasti trim skirtingais keliais. Pirmasis – tai kolegijų ar universitetų dėstytojai, specialiai paruošti dirbti su moksleiviais. Antrasis – kolegijų ar universitetų pirmosios ar antrosios pakopos studentai ir studijas fakultetuose aptarnaujantis personalas (laboratorių inžinieriai, laborantai ir kt.). Mokytojų ar dėstytojų dalyvavimas mentorystėje yra būtinas. Tuo tarpu be studentų ir fakultetų personalo, kuris gali suteikti be galo vertingą patirtį ir informaciją, galima būtų apseiti. Trečiasis kelias, kai mentorais tampa 9-12 klasių mokiniai. Tai unikalus ir labai vertingas mentorystės metodas, nes šie mentorai ir yra to sektino amžiaus. Be to tai skatina savanorystės judėjimą.



5 pav. Grįžtamasis ryšys STEAM mokyme (šaltinis: Barker, 2012)

IŠVADOS

1. Robotų įranga STEAM mokyme turi būti parinkta taip, kad dėmesys robotikai nenusloptų tol, kol moksleiviai taps abiturientais. Tai galima užtikrinti tik tada, kai yra naudojama visa eilė skirtingo sudėtingumo konstruktorių, skirtų įvairaus amžiaus vaikams, pradedant 4-ių metų ir baigiant dvyliktokais.
2. Viena iš geriausiai išbandytų konstruktyvistinio mokymo metodikų yra „4C“ mokymosi metodika. Ji aprobuota LEGO metodistų ir gerai išbandyta Lietuvoje, „Robotikos akademijoje“.
3. STEAM klasių mokytojais pagalbininkais turėtų dirbti universitetų ar kolegijų studentai bei 9-12 klasių moksleiviai. Lietuvoje tai galėtų būti įteisinta kaip savanorystės veikla.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Barker B. S. (2012). Robots in K 12 Education // *A New Technology for Learning*. IGI Global, pp. 302-325
2. Bell S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future // *A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. Vol. 83(2), p. 39-43.
3. Bers S. A.; Umaschi M. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade // *International Journal of Technology and Design Education*. Vol. 26 No. 1 pp. 3-20.
4. Capraro M. M.; Capraro R. M.; Lewis C. W. (2013). Improving Urban Schools: Equity and Access in K-12 STEM Education for All Students // *Information Age Publishing*, pp. 208-215.
5. Eguchi A. (2014). Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation // *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics & 5th International Conference Robotics in Education Padova (Italy)*. Pp. 27-34.

6. Goh H. (2014). Robotics as a tool to stem learning // *International Journal for Innovation Education and Research*. Vol.2-10, pp. 66-78.
7. Karagiorgi Y.; Symeou L. (2005). Translating Constructivism into Instructional Design: Potential and Limitations // *Educational Technology & Society*. Vol. 8 (1), pp. 17-27.
8. Lego Education (2009). *Robotics, Science & Technology 2010*. Modern Teaching Aids Pty Ltd, p 28.
9. Mikropoulos T. A.; Bellou I. (2013). Educational Robotics as Mindtools // *Themes in Science & Technology Education*. Vol. 6(1), pp. 5-14.
10. Mubin O.; Stevens C. J.; Al Mahmud S. S. A.; Dong J. J. (2013). A review of the applicability of robots in education // *Technology for Education and Learning*. Vol.1, pp. 209-215.
11. Papert S.; Harel I. (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing, Norwood.
12. Piaget J.; Inhelder B. (2000). *The Psychology of the Child*. New York, NY: Basic Books, P.U.F.
13. Sormunen K. (2008). Fifth-graders' problem solving abilities in open ended inquiry // *Problems of Education in the 21st Century*. Vol. 3, pp. 48–55.
14. Steffe L. P.; Gale J. (1995). *Constructivism in education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
15. Steffe L. P.; Kieren T. (1994). Radical Constructivism and Mathematics Education // *Journal for Research in Mathematics Education*. Vol. 25 (6), pp. 711-733.

Summary

Applicability of Robots in Steam System

STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics) ideas and their definite realization are entering Lithuania's formal and informal education. According to the Lithuanian STEAM vision, there should be 10 STEAM centres with four laboratories: chemistry and biology, physics and engineering, robotics and information technologies, and a specialized laboratory, design and developed for the needs of the region's businesses or science. It goes without saying that the STEAM laboratory training must be substantially different from traditional learning at school. The aim will be to develop creativity, critical thinking, teamwork, research, carry out the experiments and analyse the findings in these centres. At the same time a STEAM laboratory should be attractive for schoolchildren in grades 5 to 12. Therefore, this major qualitative step is closely linked to a number of fundamental questions: what will the physical environment and the equipment be like in these laboratories; what should the teaching methods for arriving students be; who will those methods be prepared and approved by; who will select and train the teachers and mentors for the laboratory activities.

Currently, the choice of robots for learning purposes is really wide. The closed - platform robots are designed only for programming, while then open - platform ones are aimed at full-range construction. Their mechatronics and control systems are built from individual components and the user can create robots of various configurations and applications. Semi - open - platform robots are usually aimed at mechanical construction and they have a relatively limited choice of sensors and actuators. The robot design, programming options and programming languages have to differ from each other for each of the schoolchildren age group. This issue was partially solved the LEGO company that manufactures a full range of engineering and robotics kits for the children from the age of four to the last grade at school. This makes it possible to ensure the integrity of learning, while using robots.

This paper analyses the robotics technology based methodology in the areas of science or technologies. The "4C" learning process is structured process of constructivist learning, consisting of four stages: "Connect", "Construct", "Contemplate" and "Continue". It's like an iterative spiral of learning, where partial or whole process repeats are possible. At the "Connect" stage the teaching content is integrated with real-life examples and real issues that may directly or indirectly be related with the children and their living environment. This is one of the most important elements, because then learning becomes meaningful and the children are involved in the learning process from the initial moments. At the "Construct" stage the children have the opportunity to construct answers to the questions by themselves. Through the construction, experiments and analysis of the findings, children easily grasp the cause – effect relationship, understand the operating principles of the mechanisms from the world around them and construct their own knowledge. At the "Contemplate" stage they share the information, reflection and discussion of the design experience with their own and other team's members. The teacher initiates and moderates a discussion and reflections of the design experiences. The children then share their experiences of how well they have solved the problems, worked and communicated in a team. The teacher's role in moderating the process of sharing experiences is very important. It is essential to ask the right questions on time that encourages the learners to share their insights in a friendly manner. The "Continue" stage is the experience and knowledge (gained at the construction and experiences sharing phases) application and use for the improvement or completion of the created object. Mostly at this stage the construction is a free creation, based on the experience and knowledge gained within the frame of the lessons. At the "Continue" stage, the learners acquire the competence to apply the gained knowledge together with the experience.

In the constructivist methodology robotics and robots are the subject of the study and the research tool of the other sciences at the same time. The connection of robotics with information technologies is unambiguous – the algorithms and the programs are created for robots control. But it is quite difficult to grasp the relationship with physics,

engineering, biology, chemistry and other sciences. Therefore, it is necessary to combine robotics and other science teaching competencies and to crystallize their teaching methodologies. Also, it would be necessary to significantly expand the application limits of robots in training and the use their computers, all the sensors and actuators. In this way, a robot can become a smart tool for research, play an active role in the experiment, collect and process data. Great attention should be paid to the creation of the environment for the research with robots. For example, line tracking, obstacle course, a lever system for the motion transfer, and so on. In this way, the constructivism area extends - not only the robot, but also the environment in which the robot will work are constructed here.

Specially prepared teachers and mentors are necessary for the realization of such teaching methodologies. Lithuania has no operating system to ensure the qualification of teachers working with robots in the STEAM environment. As yet only “Robotics Academy” organizes teacher training, which teachers to include LEGO robotics in the informal or formal education. It is observed that the age difference between the learners and teachers is relevant in the constructivist learning. This difference is 5-7 years. Therefore, the mentors who are only 5-7 years older than schoolchildren, should step in between the experienced teachers and learners.

Conclusions: 1. In STEAM training robotic equipment should be selected so as the children’s focus on robotics does not disappear, as long as they become graduates. This can be ascertained only when a number of different set of engineering kits are produced for children of all ages, from four years old until the end of school. 2. The “4C” learning methodology is one of the best-proven constructivist teaching methods. It was approved by the LEGO methodologists and well - tested at “Robotics Academy”, Lithuania. 3. The students of universities and colleges or schoolchildren of 9-12 forms should work as STEAM class teacher’s assistants. In Lithuania it could formalized as a voluntary activity.