



**Vilniaus universitetas
Matematikos ir informatikos
institutas
LIETUVA**



INFORMATIKA (09 P)

INFORMATIKOS EDUKACINIŲ TESTŲ GENERAVIMAS IR VALIDUMO TYRIMAS

Lina Vinikienė

2017 m. spalį

Mokslinė ataskaita MII-DS-09P-17-14

VU Matematikos ir informatikos institutas, Akademijos g. 4, Vilnius LT-08663

www.mii.lt

Santrauka

Ataskaitoje trumpai pateikiama informatinio mąstymo sąvoka ir aptariama vertinimo problema, susijusi su informatinio mąstymo ugdymu bendrojo ugdymo mokyklose. Remiantis literatūros analize pristatomi pagrindiniai teiginiai apie informatinį mąstymą ir vertinimą, uždavinius informatinio mąstymo ugdymui.

Reikšminiai žodžiai: informatinis mąstymas (angl. *Computational Thinking*), vertinimas, patikimumas, programavimas

Turiny

1	Problemos aktualumas	4
2	Informatinio mąstymo ugdymas ir įvertinimas.....	4
3	Literatūra.....	8

1 Problemos aktualumas

Lietuvoje norima įvesti informatikos ugdymą į pradines klases. Pagrindinis tikslas – išmokyti mokinius sumaniai naudotis informacinėmis technologijomis, iš mažens ugdytis gilaus suvokimo gebėjimus, ugdyti mokinių informatinį mąstymą.

Informatinio mąstymo sąvoka minima 2016 m. parengtuose Pradinio ugdymo informatikos programų matmenyse¹. Informatinis mąstymas įvardijamas kaip „gebėjimas atpažinti ir formuluoti įvairias aplinkos problemas, logiškai organizuoti ir analizuoti duomenis, atvaizduojant juos abstrakcijomis - modeliais, įvertinti problemos išsprendžiamumą ir automatizuoti jos sprendimą, naudojantis šiuolaikinėmis problemomis“. Matmenyse nurodomi mokinių gebėjimai pagal veiklos sritis, pasiekimai, tačiau nėra apibrėžiama, kaip įvertinami šie gebėjimai.

Informatinio mąstymo vertinimo problema aktuali ne tik ugdymo įstaigoms, bet ir informatikos mokslo tyrėjams, kadangi mokiniai nuo ankstyvo amžiaus supažindinami su pagrindinėmis informatikos mokslo sąvokomis, kurių prasmę turi suvokti, pritaikyti sąvokas kasdienėje aplinkoje. Mokytojų požiūriu įvertinimo sistema turėtų atspindėti mokinių pasiekimų lygį. Mokinių pasiekimai priklauso nuo gebėjimų praktiškai pritaikyti sąvokas veikloje, pavyzdžiui programuojant.

Vieningo sutarimo kaip turi būti apibrėžtas informatinis mąstymas nėra. Informatinio mąstymo ugdymo tema yra aktuali ne tik Lietuvoje, bet ir visame pasaulyje, diskutuojama, atliekami tyrimai, kaip vertinti mokinių gebėjimus (Roman-Gonzalez ir kt., 2017).

2 Informatinio mąstymo ugdymas ir įvertinimas

Aiškinamajame kompiuterijos terminų žodyne (AKTŽ) informatinis mąstymas (angl. *computational thinking*, toliau tekste CT) apibrėžiamas kaip „mąstymo būdas, kai problemos formuluojamos ir ieškoma jų sprendimų pasitelkiant fundamentines informatikos sąvokas ir metodus“. Švietimo ir mokslo ministerija nurodo, kad vertinimo metodai pradinėse klasėse turi atitikti mokymosi turinį ir ugdymo tikslus, priklauso nuo ugdymo srities ir dalyko specifikos, o įvertinimas daromas įvairiais būdais surenkant informaciją².

Siekiant pagrįsti, kodėl įvertinimas yra aktuali šių dienų švietimo problema ugdant CT, atliekama literatūros šaltinių analizė. Nagrinėjami straipsniai publikuoti 2010-2017 metais. Šaltinių anglų kalba ieškoma duomenų bazėse: Web of Science, Springer, SAGE, ScienceDirect, EBSCO, SpringerLink. Reikšminiai žodžiai, pagal kuriuos atliekama analizė: Computational thinking & Assessment, Computational thinking & Evaluation. Straipsniai priskirti kompiuterijos mokslui. Tikslinė tyrimų grupė 1–12 klasių mokiniai. Nagrinėjamuose straipsniuose pastebimos formuluojamos problemos, kurios apima šias temas: CT sąvoka, mokinių gebėjimų ugdymas, priemonės naudojamos CT ugdymui, priemonės CT įvertinimui, metodai, kurie pagrindžia CT įvertinimą.

Problema yra kaip įvertinti CT gebėjimus, t.y. reikia įrankio, kuriuo būtų galima įvertinti CT gebėjimus. Analizuojant literatūros šaltinius, kuriuose minimi šie

¹ https://informatika.ugdome.lt/wp-content/uploads/2017/05/Pradinis-ugdymas-IT-metmenys-2017-02-20_red.pdf

² <http://www.smm.lt/uploads/documents/svietimas/ugdymo-programos/Vertinimas%20tinklapyje.pdf>

gebėjimai, aptinkamos priemonių, kurios galėtų padėti įvertinti CT kai kuriais aspektais.

CT apima problemos sprendimo procesą, kuriam naudojamas algoritminis mąstymas, įvertinimas, dekomponavimas, abstrakcija, generalizavimas. Bebro konkursas siūlomas, kaip įrankis šiems 5 gebėjimams įvertinti, tačiau nėra empiriškai pagrįstas (Roman-Gonzalez ir kt., 2017)

CT sąvokos idėją pasiūlė Seymour Papert, kaip kompiuterio naudojimą problemoms spręsti taip, kad žmogus galėtų geriau analizuoti ir paaiškinti problemas, jų sprendimus ir ryšius tarp jų (Papert, 1996).

Wing (2006) informatinį mąstymą apibrėžė kaip mąstymo procesą, kuris būtinas formuluojant problemas ir jų sprendimo būdus.

CT yra kognityvinis procesas: gebėjimas mąstyti abstrakčiai, mąstyti algoritmiškai, mąstyti apibendrinant, kalbant apie įvertinimą ir dekomponavimą (Dagienė, Sentence, Stupuriene, 2017, Csizmadia ir kt., 2016)

Resnick et al. pasiūlė tris būdus vertinti CT Scratch kontekste: projekto analizė, artefaktų generavimas, scenarijų kūrimas. Kalifornijos universitetas pasiūlė priemonę „Fairy Assessment in Alice“. Ši priemonė turėjo vertinti abstrakcijų, loginių sąlygų, algoritminio mąstymo ir kitų CT sąvokų supratimą. Tai programavimas aplinkoje ALICE [3]. Tačiau šie siūlymai daugiau orientuoti į programinius projektus, bet nėra plačiai taikomi kitose situacijose. Be to, šie siūlymai nėra tiesiogiai susiję su įvardytais penkiais CT gebėjimais, kuriuos siūlo Selby ir Woollard. Tai gali būti viena iš priežasčių, kodėl Selby, Dorling, and Woollard (2014) sukūrė CT gebėjimų vertinimo lentelę, tačiau tai nebuvo niekaip pagrįsta (Roman-Gonzalez, 2017).

Uždaviniai, kuriais galima įvertinti CT gebėjimus, nagrinėjami kai kuriuose moksliniuose straipsniuose, pavyzdžiui, Dagiene and Sentence (2016). Tai informatikos ir informatinio mąstymo konkurso „Bebras“ uždaviniai. Autorės siūlo, kad šie uždaviniai būtų naudojami pamokos pradžioje ir gali būtų dalis formuojamojo vertinimo.

Šia tema parengtas straipsnis konferencijai:

Palts, T., Pedaste, M., Vene, V., Vinikienė, L. (2017): Tasks for Assessing Skills of Computational Thinking (straipsnio santrauka priimta į ICERI 2017 Proceeding (International Conference of Education, Research and Inovation).

Jamil H. M. (2017) nagrinėja *MindReader* internetinę vertinimo priemonę, kurioje mokiniai mokosi *Java*, *C++*, *Python* programavimo kalbų. *MindRider* priemonė vertina mokinio užduotis ir „instruktuoja“ juos kaip teisingai ar geriau parašyti programos kodą realiu laiku be žmogaus pagalbos. Straipsnyje įvardijamos internetinių mokymo platformų problemos: turinio pateikimas, mokymas, vertinimas. *MindRider* priemonė siūloma kaip mokymo ir vertinimo priemonė aukštosioms mokykloms mokant programavimo kalbų. Priemonė parenka mokomąją medžiagą (užduotis) pagal vartotojo profilį. Užduotys apima sintaksės mokymą ir semantikos supratimą, naudojant konstruktus: ciklas, sąlygos sakiniai, algoritmai.

Anot Worrel, Brand, Repenning (2015), vertinimas teikia instrukcijas mokytojui, kaip tobulinti mokymo strategijas (planus) taip pat kaip pagrįsti laiką ir energiją praleistą kuriant žaidimą (uždavinį). Tikslinė tyrimo grupė 6-8 klasių vidurinės mokyklos mokiniai. Mokiniai gauna užduotį sukurti žaidimą. Jie remiasi instrukcijų sąrašu, kuris turi būti įgyvendintas. Pagrindinis tyrimo tikslas kaip įvertinti mokinio mokymąsi bendradarbiavimo aplinkoje. Svarbu įvertinti mokinio gebėjimą programuoti ir atkartoti informaciją. Naudojamas apibendrinamasis vertinimas (angl.

summative assessment). Mokiniam duodamos užduotys, kuriomis jie turi pademonstruoti, tai ką išmoko kuriant žaidimą (klausimai susiję su užduoties scenarijumi, programos kodo užrašymu nesinaudojant papildomomis priemonėmis). Pastebėta, kad tiesioginės instrukcijos (kaip atlikti užduotį) slopina kūrybiškumą, mokinių bendravimą.

Moreno, Robles, Gonzalesz (2016) programavimo mokymo programose įtrauktas informatinio mąstymo gebėjimo ugdymas. Paprasčiausias įrankis šių įgūdžių ugdymui, tai *Scratch*. Informatinio mąstymo kompetencijos: abstrahavimas, uždavinio skaidymas, loginis mąstymas, sinchronizavimas, lygiagretumas, srautų valdymo užrašymas algoritmu, naudotojo interaktyvumas, duomenų vaizdavimas. Jos gali būti įvertintos analizuojant programos kodą (Moreno, Robles, Gonzalesz, 2016).

Programos kodo sudėtingumą galima vertinti naudojant kodo analizės įrankius. Analizuodami programinį kodą, įrankiai naudoja *Halstedo* (angl. Halsted) sudėtingumą (Moreno, Robles, Gonzalesz, 2016). Halstedo metrika plačiai naudojama programų inžinerijoje. Tyrimui naudota aprašomosios statistikos metodai.

Naudojantis *Scratch* programa mokiniui suteikiama galimybė įvertinti projektą, matyti pažangos lygį. Be to įrankis siūlo žaidybinę grįžtamojo ryšio ataskaitą su idėjomis ir užuominomis kaip pagerinti kodą (idėja pagerinti mokinio programavimo įgūdžius). Mokytojui pateikiama informacija: laikas, ataskaita (Moreno, Robles, Gonzalesz, 2016).

Ventura ir kt. (2015) aprašo edukacinio įrankio *CodeCraft* galimybes. Tai vaizdo žaidimas, kuriuo mokoma programavimo įgūdžių. Įrankis pagrįstas problemomis grįsto mokymosi metodais. Žaidėjai mokosi programavimo sąvokų sprenddami galvosūkius 3D aplinkoje. Mokinys žaidžia be mokytojo pagalbos. Atlikto tyrimo tikslas įvertinti kaip *CodeCraft* pagerina programavimo įgūdžius. Mokomos sąvokos: srauto valdymas, seka, kartojimas, kintamieji, masyvas, duomenų struktūros, informatinis mąstymas (Ventura ir kt., 2015).

Ventura ir kt. (2015) informatinį mąstymą apibrėžia kaip gebėjimą pristatyti problemos sprendimą žingsnis po žingsnio. Kompiuterijos moksle informatinis mąstymas apima problemų sprendimo įgūdžius ir būdus, kurie taikomi daugelyje disciplinų. *CodeCraft* ugdo informatinį mąstymą, nes reikalaujama suprasti kaip vykdomas algoritmas (Ventura ir kt., 2015). Programavimo gebėjimai lavinami, kai mokymo užduotys pateikiamos žaidimo forma. Kiekviena sąvoka pateikiama kontekste instruktuojamo uždavinio. Mokinys sprendžia keletą uždavinių, kurie reikalauja naujų sąvokų taikymo (Ventura ir kt., 2015)..

Zhong, B., Wang, Q., Chen, J. (2016) minimos problemos: mokinio CT gebėjimų aprašymas ir įvertinimas. Nurodoma, kad reikia tiksliai identifikuoti, kas yra CT tam, kad besimokantieji galėtų mokytis ir vertinti ką jie žino, ką daro, kokie jų požiūriai ir ką jie geba. Viena iš iššūkių vertinant mokinio CT tai uždavinio sudėtingumas (angl. difficulty) vertinant problemų sprendimo (angl. problem solving) gebėjimą raštu. Straipsnyje išskiriami keli vertinimo metodai: prieš ir po testai, interviu, video apžvalga, žaidimai, taikant programavimo mokymo priemones, portfolio analizę, užduočių rinkinius suskirstytus pagal sudėtingumo lygius (Zhong ir kt., 2016).

Zhong ir kt. (2016) nurodė 4 uždavinių tipus: uždaro, pusiau uždaro, pusiau atviro, atviro tipo. Uždaviniai suklasifikuojami pagal sprendimo pateikimą, galutinį uždavinio sprendimo rezultata. Uždaviniai pateikti 6 klasių mokiniams, mokiniai gebėjimai ugdomi atliekant užduotis su *Logo* ir *Scratch* (Zhong ir kt., 2016).

Švietime plėtojama tokia uždavinių sudėtingumo idėja: uždavinys yra sudėtingas, kai sunkumo rodiklis yra mažesnis nei 30% ir uždavinys yra lengvas, kai sunkumo rodiklis didesnis nei 80%, uždavinys, kurio skiriamoji geba 0.0-0.19, yra prastas, 0.2-

0.29 – tikėtinas, 0.3-0.39 – geras, >0.4 uždavinys yra puikus. Pavyzdžiui, uždaro tipo klausimai yra lengviausi ir tiesiog vertina CT sąvokas. Tokio tipo uždaviniai dažniausiai naudojami norint paskatinti mokinių pasitikėjimą savimi. Zhong ir kt. (2016).

Roman-Gonzalez ir kt. (2017) pabrėžia, kad vis dar nėra sutarimo dėl CT apibrėžimo ir kaip jį pamatuoti. Bandoma analizuoti remiantis psichometrinėmis charakteristikomis. Roman-Gonzalez ir kt. (2017) atliko tyrimą, kuriame dalyvavo 5-10 klasių mokiniai ispanai. Duomenys aprašomi remiantis aprašomąja statistika ir patikimumo įvertinimu. Tiriamas kriterijaus patikimumas (angl. criterion validity). Žmogus yra raštingas (programuojant), kai jis geba skaityti, rašyti kompiuterio kalbą ir mąstyti informatiškai. CT apima problemų sprendimo kognityvinį procesą (Roman-Gonzalez, 2017).

Programavimas yra fundamentalus kelias, kuris įgalina CT, nors CT galima perkelti į skirtingus uždavinių tipus, kurie tiesiogiai neįtraukia programavimo uždavinių. CT apžvelgiamas kaip branduolys visų STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics) disciplinų. Mokymasis mąstyti informatiškai laikomas pozityviu dalyku mokinio pažinimo vystymuisi (angl. cognitive development). CT esminis gebėjimas kažką kurti nei kad naudotis technologija, todėl dauguma valstybių programavimo mokymą įtraukia į mokymo programas (Roman-Gonzalez, 2017).

Roman-Gonzalez ir kt. (2017) nagrinėja CT 3 apibrėžimus: bendrasis (Wing), operacinis (darbinis) apibrėžimas (operational) (CSTA, ISTE) ir ugdymo.

Pagal A. Bineto išskiriamus intelekto lygius CT susijęs su (McGrew, 2009): „kintančiu“ intelektu, vaizdiniu mąstymu, trumpalaikė atmintimi.

- „Kintantis“ intelektas, tai gebėjimas apdoroti informaciją, išivaizduoti objektą erdvėje, padeda spręsti naujas, neįprastas problemas, siejamas su kūrybinių mąstymu ar kūrybiškumu (Beresnevičius, 2010)
- Vaizdinis mąstymas, tai gebėjimas atkurti faktinės daikto ypatybes, fiksuoti daiktų ir jų savybių derinius.
- Trumpalaikė atmintis – gebėjimas išlaikyti supratimą apie ribotą skaičių informacijos elementų.

Leonard et al. (2015) pamini kinestetinį mokymo būdą ir CT vertinimą. Tikslinė tyrimo grupė 5-6 klasių mokiniai. Jame fiksuojami judesiai, kai mokiniai programuoja.

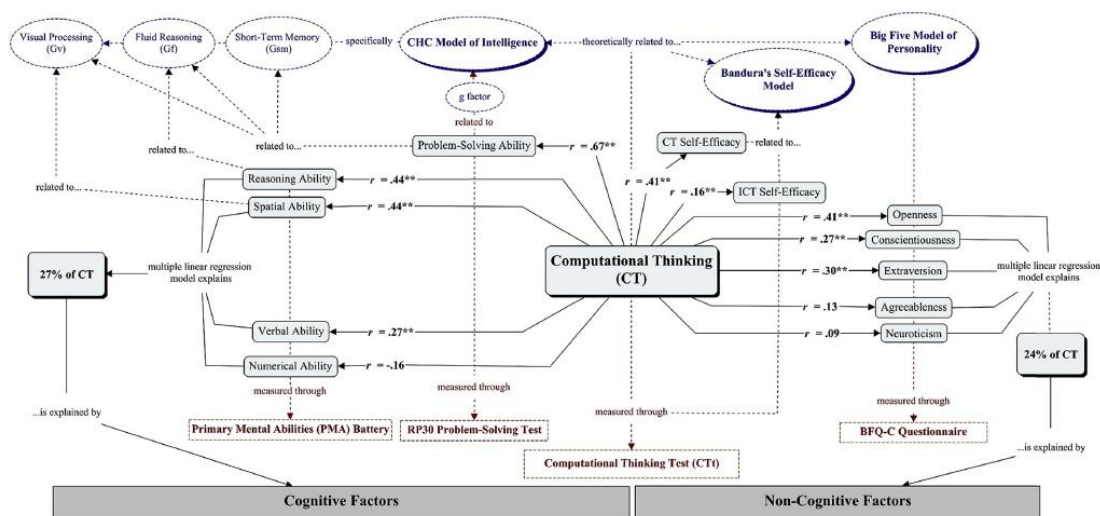
Taip pat CT identifikuojamas tyrime, kurio metu jauni programuotoja kuria vaizdo žaidimus. Sukurtas CT modelis. Automatizuotas įrankis analizuojama mokinių sukurtus programų kodus ir atvaizduoja grafiškai kaip kiekvienas žaidimas apima skirtingus CT modelius. Kaip vertinimo priemonė sukurtas įrankis CTP-QUIZ, tačiau jo validumas ir patikimumas nėra aprašyti (Roman-Gonzalez ir kt., 2010).

Roman-Gonzalez ir kt. (2017) pastebi, kad informatikos ir informatinio mąstymo konkursas „Bebras“ yra rekomenduojamas CT ugdymui, tačiau tai nėra vertinimo priemonė. Dėl susidomėjimo konkursu ir CT įgūdžių ugdymu, konkursas pradėtas tirti, kaip vertinimo priemonė. Publikuojamuose straipsniuose, kuriuose tiriama konkurso rezultatai, naudojami aprašomosios statistikos būdai, tiriamas mokinių vaidmuo konkurse, lyginami skirtumai tarp mergaičių ir berniukų.

Roman-Gonzalez ir kt. (2017) išskiria du CT testų gebėjimų vertinimui: pagrindinių programavimo gebėjimų vertinimo testas (angl. Test for Measuring Basic Programming Abilities), komutatyvusis vertinimas (angl. Commutative assessment).

Gonzalez ir kt. (2017) aprašo CT testą, kuriuo siekiama įvertinti mokinių CT gebėjimų lygį. Testą sudaro 28 pasirenkamo atsakymo klausimai. Klausimai yra sukurti pagal šiuos principus: CT sąvokų priskyrimas (sąvokos suskirstomos pagal sudėtingumą), atsakymo tipo (atsakymai vaizduojami rodyklėmis arba blokais), būtinas

uždavinys (pavyzdžiui, seka – nuosekliai nurodyti komandas ar užbaigti nebaigtą seka). Gonzalez ir kt. (2017) tyrė koreliaciją tarp CT ir nekognityvinių kintamųjų kaip saviveiksmingumas ir amenybė. Gonzalez ir kt. (2017) pateikė praplėstą CT nomologinį tinklą, kuriame įterpta nekognityviniai ir kognityviniai faktoriai (pav. 1).



1 paveikslas. CT nomologinis tinklas (Gonzalez ir kt., 2017)

Galvez ir kt. (2016) minėdamas intelektualias mokymo sistemas išskiria mokymąsi paremtą pratybomis ir praktika. Autoriai taip pat pamini vieną iš uždavinių sprendimo problemų: sprendžiantys uždavinius dažniausiai turi tikslą, tačiau nežino, kaip jį pasiekti, todėl besimokantysis turi sukurti modelį toki, kokį supranta, mokėti jį aprašyti ir pritaikyti kelias mokslo sritis. Galvez ir kt. (2016) nurodo šiuos uždavinių sprendimo komponentus: uždavinio vertimas, integravimas, sprendimo planavimas ir sprendimo įvykdymas.

Detalesnė analizė apie informatikos mokymo veiklas, uždavinių tipus ir sistemas, kurios naudojamos šiems uždaviniams realizuoti, publikuota šiuose straipsniuose:

1. Dagienė, V.; Stupurienė, G.; **Vinikienė, L.** (201): *Implementation of Dynamic Tasks on Informatics and Computational Thinking*// *Baltic journal of modern computing*. Riga : Latvijas Universitate. ISSN 2255-8942. eISSN 2255-8950. 2017, Vol. 5, No. 3, p. 306–316.
2. Dagienė, V.; Stupurienė, G.; **Vinikienė, L.** *Informatics based tasks development in the Bebras contest management system // Information and software technologies : 23rd international conference, ICIST 2017, Druskininkai, October 12-14, 2017 : proceedings / editors: R. Damaševičius, V. Mikašytė . - Book series : Communications in Computer and Information Science. Vol 756. ISSN 1865-0929, eISSN 1865-0937. Cham : Springer, 2017. ISBN 9783319676418. eISBN 9783319676425. p. 466-477.*

3 Literatūra

1. Beresnevičius, G. (2010): daktaro disertacija „Kūrybiškumo ir kūrybinio mąstymo edukacinės dimensijos“

2. Brennan, K., Mitchel R. (2012): New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada, pp. 1-25.
3. Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C. and Woollard, J. 2015. Computational Thinking a Guide for Teachers. Retrieved May 5, 2016 <http://community.computingatschool.org.uk/files/6695/original.pdf>
4. Dagienė, V., Sentance, S. (2016): It's Computational Thinking! Bebras Tasks in the Curriculum. International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, 28-39.
5. Dagienė, V., Sentence, S., Stupuriene, G. (2017). Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics. *Informatica*, 28(1), 23-44.
6. Galvez, J., Guzman, E., Conejo, R., Mitrovic, A., Mathews, M. (2016): Data calibration for statistical-based assessment in constraint-based tutors. *Knowledge-based systems*. Vol. 97, pp.11-23
7. Jamil., H., M. (2017): Automated Personalized Assessment of Computational thinking MOOC Assignments. IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 261-263
8. Leonard, A. E., Dsouza, N., Babu, S. V., Daily, S. B., Jørg, S., Waddell, C., et al. (2015): Embodying and programming a constellation of multimodal literacy practices: *Computational thinking, creative movement, biology, & virtual environment interactions*. *Journal of Language and Literacy Education*, 11(2), 64-93.
9. McGrew, K. S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. *Intelligence*, 37(1), 1-10.
10. Moreno-Leon, J., Robles, G., Gonzalez, M., R. (2016) Comparing Computational Thinking Development Assessment Scores with Software Complexity Metrics. IEEE Global Engineering Education Conference. pp.1040-1045
11. Papert, S.: An exploration in the space of mathematics educations. *Int. J. Comput. Math. Learn.* 1, 95–123 (1996).
12. Roman-Gonzalez, M., Perez-Gonzalez, J., Jimenez-Fernandez, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior* Vol 72, pp. 678-691
13. Roman-Gonzalez, M., Perez-Gonzalez, J., Moreno-Leon, J., Robles, G. (2017): Extending the nomological network of computational thinking with non-cognitive factors. *Computers in Human Behavior*. pp.1-19.
14. Selby, Cm, Dorling, M., Woollard, J. (2014): Evidence of assessing computational thinking. Author's original: 1-11.

15. Ventura, M., Ventura, J., Baler, Ch., Viklund, G., Roth, R., Broughman, J. (2015): Development of Video Game that Teaches the Fundamentals of Computer Programming, USA. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7133047/>
16. Werner, L., Denner, J., Campe, S., & Kawamoto, D. C. (2012). The Fairy performance assessment: Measuring computational thinking in middle school. Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '12), 215-220. New York, NY: ACM.
17. Wing, J.M.: Computational thinking. Commun. ACM 49(3), 33–35 (2006).
18. Worrell, B., Brand, C., Repenning, A. (2015): Collaboration and Computational Thinking. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing. Prieiga internete: https://sgd.cs.colorado.edu/wiki/images/6/63/Worrell_Brand_VL_HCC.pdf
19. Zhong, B., Wang, Q., Chen, J. (2016). An Exploration of three-dimensional integrated assessment for computational thinking. Journal of Educational Computing Research, Vol 53(4), pp. 562-590.