

Г.Б. Камалова¹, А.А. Акжолова^{1*}

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: akmarala.0706@gmail.com

ЦИФРЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕГІ ЕСЕПТЕУІШ ОЙЛАУ ҰҒЫМЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ДАҒДЫЛАРЫ

Аңдатпа

Цифрлық технологиялар қазіргі заманғы қоғам өміріне қарқынды түрде еніп, адамдардың күнделікті өміріне және кез келген елдің ұлттық экономикасының дамуына үлкен ықпал етуде. Цифрландыру ауқымын кеңейту және озық технологияларды пайдалану әлемнің заманауи бейнесіндегі білімді ұйымдастыруда өзінің таңбасын қалдырып қана қоймай, қазіргі адамның ойлау стилін де айқындайды. Есептеуіш ойлау ұғымы цифрлық дәуірдің негізгі ұғымына айналуда. Білім беру үрдісінде осындай ойлауды пайдалану білім алушыларға проблемалар мен міндеттерді шешуге, әртүрлі ақпаратты креативті және жүйелі түрде қабылдауға мүмкіндік береді. Мақалада «Есептеуіш ойлау» ұғымы, есептеуіш ойлау дағдылары (абстракция, декомпозиция, жалпылау, алгоритмдер), сонымен қатар есептеуіш ойлауды бағалауға қолданылатын тәсілдер қарастырылған. Есептеуіш ойлау ұғымының және оның компоненттерінің практикалық анықтамасы отандық еңбектерде кеңінен қарастырылмағандықтан, мақала шетелдік ғылыми-педагогикалық еңбектерді зерттеу мен талдау негізінде жазылған.

Түйін сөздер: есептеуіш ойлау, абстракция, алгоритмдер, декомпозиция, цифрлық технологиялар.

Аннотация

Г.Б. Камалова¹, А.А. Акжолова¹

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

ПОНЯТИЕ И НАВЫКИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ В ЦИФРОВОМ ОБРАЗОВАНИИ

Цифровые технологии стремительно и прочно вошли в жизнь современного общества и оказывают всё большее влияние на повседневную жизнь людей и развитие национальной экономики любой страны. Расширение масштабов цифровизации и использование передовых технологий не только накладывает свой отпечаток на организацию знания в современной картине мира, но и определяет стиль мышления современного человека. Концепция вычислительного мышления становится ключевым понятием в эпоху цифровых технологий. Использование такого мышления в образовательном процессе позволяет обучающимся решать проблемы и задачи, креативно и систематизированно воспринимать различную информацию. В статье рассматриваются понятие «вычислительное мышление», навыки вычислительного мышления (абстракция, декомпозиция, обобщение, алгоритмы), подходы к оценке вычислительного мышления. Статья основана преимущественно на обзоре и анализе зарубежных научно-педагогических работ, так как практическое определение понятия вычислительного мышления и его компонентов не достаточно широко отражено в работах казахстанских исследователей.

Ключевые слова: вычислительное мышление, абстракция, алгоритмы, декомпозиция, цифровые технологии.

Abstract

Kamalova G.¹, Akzholova A.¹

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

THE CONCEPT AND SKILLS OF COMPUTATIONAL THINKING IN DIGITAL EDUCATION

Digital technologies have rapidly and firmly entered the life of modern society and have an increasing impact on the daily lives of people and the development of the national economy of any country. The expansion of digitalization and the use of advanced technologies not only leaves its imprint on the organization of knowledge in the modern picture of the world, but also determines the style of thinking of a modern person. The concept of computational thinking is becoming a key concept in the digital age. The use of such thinking in the educational process allows students to solve problems and tasks, creatively and systematically perceive various information. The article deals with the concept of "computational thinking", elements of computational thinking (abstraction, decomposition, generalization, algorithms), approaches to evaluating computational thinking. The article is based mainly on the review and analysis of foreign scientific and pedagogical works, since the practical definition of the concept of computational thinking and its components is not widely reflected in the works of Kazakhstani researchers.

Keywords: computational thinking, abstraction, algorithms, decomposition, digital technologies.

Кіріспе

Қазіргі таңда компьютерлер мен интеллектуалды құрылғылар машина жасаудан медицинаға дейін өнеркәсіптің барлық саласында пайдаланылады. Автоматтандыру және компьютерлендіру деңгейі адам іс-әрекетінің барлық саласында өсіп қана қоймай, жаңа сапалы деңгейге өтті. Цифрлық технологиялар тұлғааралық қарым-қатынасты, кәсіби қызметті, білім беруді, қызмет көрсетуде және тағы басқаларын дамытуда басымдыққа ие болуда [1].

Қазіргі заманғы адамның басты міндеті компьютерлер мен интеллектуалды құрылғыларды басқарудың тиімділік деңгейін арттыру болып табылады. Есептеуіш ойлау цифрлық дәуірдің негізгі ұғымына айналды. Адамзат дамуының қазіргі кезеңінде бұл маңызды құзыреттілік ретінде қарастырылады, өйткені бүгінгі білім алушылар компьютерлік технологиялар әсер ететін салаларда жұмыс істеп қана қоймайды, оларды күнделікті өмірде де қолданады. Есептеуіш ойлау компьютер құрылғыларын тиімді пайдалану үшін қажет және ол біздің жылдам дамып келе жатқан қоғамда тұлғаның дамуына әсер етеді [2].

Шетелдегі білім беру мектеп жасынан бастап балаларда «есептеуіш ойлауды» дамыту қажеттілігіне қайта құрылғанына қарамастан, бұл тұжырымдаманың нақты анықтамасы әлі де жоқ. Педагогика және информатика саласындағы мамандар арасында бұл мәселеге байланысты көптеген белсенді пікірталастар кездеседі [3].

Осыған орай, «есептеуіш ойлау» ұғымын кеңірек түсіну мақсатында шетелдік әдебиеттерге шолу жасалып, бірқатар ғалымдардың осы ұғым туралы айтқан ой-пікірлері мен тұжырымдарына талдау жасалды.

Есептеуіш ойлау туралы ғалымдардың тұжырымдары

«Есептеуіш ойлау» терминін алғаш рет Питсбургтегі Карнеги-Меллон университетінің профессоры Жаннетт Винг 2006 жылы өзінің еңбегінде қолданған [4]. Бірақ Сеймур Пейперт 1996 жылы оны «процедуралық ойлау» деп атаған. Одан кейін Пейперт, Массачусетс технологиялық институтының математика факультетінде, геометриялық есептерді шешу үшін компьютерлер мен бағдарламалық жасақтаманы пайдалану туралы зерттеу барысында, мәселені шешу мен деректерді құрылымдау арасындағы байланысты анықтауда есептеуіш ойлауды қолдануға болады деп сендірді. 1960 жылы Пейперт және оның ұжымдастары LOGO программалау тілін жасап шығарды. Бұл тілдің негізгі мақсаты – білім алушыларға математикалық және логикалық ойлауға көмектесу болды [5].

Бүгінгі күні есептеуіш ойлау және оның даму тәсілдеріне көптеген шетелдік ғалымдардың еңбектері арналуда. «Есептеуіш ойлау» концепциясымен көптеген шетелдік ғалымдар мен білім беру мекемелері, оның ішінде АҚШ Ұлттық ғылыми академиясы, British Computer Society (BCS, The Chartered Institute for IT), білім беру технологиялары жөніндегі халықаралық қоғам (ISTE), информатика мұғалімдерінің ғылыми қауымдастығы (CSTA), Стенфорд халықаралық коммерциялық емес ғылыми-зерттеу институты (SRI), Google академиясы және т.б. өте белсенді айналысуда. Сонымен қатар, шетелде оқушылар мен студенттердің ойлау стилін дамытуға бағытталған білім беру жүйесін қайта құру мәселесі белсенді түрде жүргізілуде.

Посткеңестік кеңістікте есептеуіш ойлау туралы алғашқы жұмыс 2016 жылы орыс тілінде Е.К. Хеннердің «есептеуіш ойлау» деп жарияланған мақаласынан кейін пайда болды. Орыс тілді еңбектердің ішінен В.Э. Вольфенгагеннің, Е.К. Хеннердің, М.М. Клуникованың және Т.П. Пушкиревананың, Л.Л. Босованың, М.У. Мукашеваның, Е.В. Паевскийдің және т.б. жарияланымдарын атап өтуге болады. Онда «есептеуіш ойлау» термині туралы түсіндірулер мен түсіндірмелер талданған, оның негізгі компоненттері белгіленген, білім беру жүйесінің әртүрлі деңгейінде білім алушыларда оларды қалыптастыру және дамыту жолдары мен мүмкіндіктері қарастырылған.

Есептеуіш ойлау терминінің бірыңғай анықтамасының және анықтаманы құраушылардың арасында байланыстың болмауына қарамастан, олардың ұсынған негізгі тұжырымдамалары ұқсас екендігін байқауға болады. Олай болса, есептеуіш ойлауға байланысты зерттеушілердің қазіргі еңбектерінде қолданылатын әртүрлі анықтамаларды қарастырып көрейік.

«Есептеуіш ойлау» ұғымын Жаннетт Винг «информатикадағы негізгі тұжырымдамаларға сүйене отырып проблемаларды шешуді, жүйелерді жобалауды және адамның мінез-құлқын түсінуді қамтитын ойлау» деп анықтайды [4]. Ары қарайғы зерттеулерден кейін Винг 2011 жылы есептеуіш ойлау терминіне «ақпаратты өңдеу құралдарын қолдана отырып, шешімдерді формада ұсыну үшін проблемалар мен олардың шешімдерін тұжырымдауға қатысатын ойлау процестері» деген басқа

анықтаманы ұсынды. Есептеуіш ойлау есептеулерге шешім қабылдау үшін мәселені тұжырымдау кезіндегі ақыл-ой әрекетін сипаттайды. Шешімді адам болмаса машина немесе жалпы мағынада, адамдар мен машиналардың үйлесімі жасай алады [6].

Кейбір ғалымдардың (Ядав, Мейфилд, Чжоу, Хамбруш, Корб, 2014) пікірінше, мәселелерді абстракциялауға және автоматтандырылған шешімдер жасауға арналған ақыл-ой процесі.

Манчестер университетінің профессоры Стив Фербер 2012 жылы жариялаған «Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools» еңбегінде, «есептеуіш ойлау - бұл біздің айналамызда болып жатқан есептеу аспектілерін тану, табиғи және жасанды жүйелер мен процестерді түсіну және негіздеу үшін информатика құралдары мен әдістерін қолдану процесі» болып табылады деп анықтама берген [8].

Есептеуіш ойлаудың компьютерлік ғылым саласында бұрыннан келе жатқан өзіндік тарихы бар. Ол 1950-1960 жылдары «алгоритмдік ойлау» ретінде белгілі болды. Есептеуіш ойлау кейбір енгізу-шығару түрлендірулерін, түрлендірулерді орындауға алгоритмдерді іздеу түрінде тапсырмаларды қоюға арналған ақыл-ой бағытын білдіреді. «Бүгінгі таңда бұл термин абстракцияның көптеген деңгейлерімен ойлауды, алгоритмдерді жасау үшін математиканы қолдануды және әртүрлі көлемдегі есептерді шешуге қаншалықты масштабталатынын зерттеуді қамтиды» деп тұжырымдаған американдық ғалым және жазушы Питер Джейми Денниг [9].

Есептеуіш ойлауды үйрену экономист, физик, суретші сияқты ойлай алады үйрету және олардың мәселелерін шешу үшін есептеулерді қалай қолдану керектігін түсіну, зерттеуге болатын жаңа мәселелерді құру және ашу, білім алушыларға есептеу құралдарын әр түрлі пәндер аясында шығармашылық түрде қолдануға мүмкіндік беретін ойлау тәсілдерін дамытуды қамтиды [10].

Есептеуіш ойлау - бұл мәселені шешуге, талдауға және шешуге аналитикалық және алгоритмдік тәсілдерді қолданатын ойлау процесі (немесе адамның ойлау қабілеті) [11].

Есептеуіш ойлау күрделі мәселелерді шешудің ақпаратты жүйелі, дұрыс және тиімді өндеудің тұжырымдамалық тәсілі болып табылады [12].

Ресей Федерациясы, Перм мемлекеттік университетінің профессоры Хеннер Е.К. өзінің еңбегінде бұл термин туралы «Есептеуіш ойлау - білім берудің маңызды метапәндік және жеке нәтижелері болып табылады» деген тұжырым жасаған [13].

Есептеуіш ойлау процестердің пайда болғанына қарамастан, олар даму сатысында ма, жоқ па, мүмкін деп болжанғанына қарамастан, ақпараттық процестерді талдауға мүмкіндік беретін құрал рөлін атқарады. Шындығында, жалпы ақпараттандыру маман біліктілігінің жаңа көрсеткішін ұсынады. Бұл индикаторды адам қызметінің кең спектріне іргелі есептеу принциптерін түсіну және қолдану қабілеті ретінде тұжырымдауға болады [14].

Ресей Федерациясы, Сібір федералды университетінің профессор-оқытушылары Клунникова М.М., Пушкарева Т.П. өз еңбектерінде есептеуіш ойлау ұғымын үш түрге бөліп қарастырған.

1. Есептеуіш ойлау – когнитивті ойлау процесі.

Осы тұрғыдан алғанда, есептеуіш ойлауды адамдарға проблемаларды шешуге, жүйелерді құруға және абстракциялар арқылы адамның ақыл-ой қабілеттерін кеңейтуге көмектесетін информатика саласындағы ақыл-ой құралдары мен тұжырымдамалардың жиынтығы ретінде қарастыруға болады. Бұл тұрғыда сандар мен бағдарламалауға назар аудармай, оны ақпараттық процестерді талдауға мүмкіндік беретін құрал ретінде қарастыру керек.

Джорджия технологиялық институтының профессоры Джанет Колоднер есептеуіш ойлау қолданбалы бағдарламалық жасақтаманы қолдануда маңызды рөл атқаратынын атап өтті. Бірақ, Корнелл университетінің профессоры Роберт Констебльдің пікірінше, компьютерлік сауаттылық әдетте компьютерлік жүйелердің әртүрлі функцияларын және Word немесе Excel сияқты арнайы бағдарламаларды пайдалану мүмкіндігі ретінде қарастырады.

Есептеуіш ойлау адамның проблемаларды олардың шешімдерін компьютердің көмегімен жүзеге асырылатын қадамдар немесе алгоритмдер тізбегі ретінде ұсынылуы мүмкін болатындай етіп тұжырымдай алатындығын білдіреді.

АҚШ Ұлттық Ғылым академиясы дайындаған есептеуіш ойлаудың мүмкіндіктері туралы жұмыс тобының есебінде есептеуіш ойлауды оқу, жазу, сөйлеу және арифметикамен салыстыруға болатын негізгі зияткерлік мүмкіндік ретінде жақсы түсінуге болады деген идея алға тартылған. Функционалды түрде, бұл негізгі дағдылар күрделі мәселелер мен жағдайларды басқа адамдарға

сипаттау және түсіндіру құралы болып табылады және есептеуіш ойлау бірдей мақсатқа қызмет етеді делінген.

Осылайша, есептеуіш ойлау бүкіл әлемді түсінуге, түйсінуге және өзгертуге жаңа парадигма береді.

2. Есептеуіш ойлау – ойлаудың басқа тәсілдерінің гибриді.

Осы көзқарасты ұстанатын мамандар бұл аналитикалық ойлаудың бір түрі деп санайды. Бұл есептерді шешудің математикалық ойлауымен, нақты әлем объектілерін модельдеуге арналған инженермен, есептеулерді, түсінуді, ойлауды және адамның мінез-құлқын түсінуге арналған ғылыми ойлаумен және процестерді автоматтандыру үшін алгоритмдік ойлаумен байланысты деп есептейді.

3. *Есептеуіш ойлау* - басқа пәндерде зерттелетін процестерді модельдеу үшін Computer Science әдістерін қолдананады. Кейбір сарапшылар, есептеуіш ойлау - бұл біздің түсінігіміздегі информатиканың табиғи эволюциясының нәтижесі деп санайды. Массачусетс технологиялық университетінің профессоры Джералд Сассманның айтуынша, есептеуіш ойлау - бұл Computer Science жиынтығы деп атап көрсеткен [3].

Бұл анықтамалар адамдардың танымдық әрекеттері мен процестеріне назар аударудың жалпы тенденциясына ие. Тиісінше, есептеуіш ойлауға негізделген іс-шаралар негізінен танымдық дағдыларды жетілдіруге және білім алушылардың оқу процестерін қолдауға арналған. Екінші жағынан, кейбір зерттеушілер есептеуіш ойлауды нақты анықтауға тырысудың қажеті жоқ деп санайды, бірақ есептеуіш ойлауды дамыту үшін ішкі қарым-қатынас орнатуға күш салу керек: «Есептеуіш ойлаудың нақты анықтамасы жоқ, ал есептеуіш ойлауды анықтауға тырысудың негізгі кернеуі көп перифериялық құзыреттермен салыстырғанда негізгі құзіреттілікті анықтауға байланысты болады. Біз есептеуіш ойлауды тұжырымдау және оны білімге біріктіру үшін есептеуіш ойлауға түпкілікті анықтама беруге тырыспауымыз керек, керісінше есептеуіш ойлаудың пікірталастарында келтірілген ұқсастықтар мен қатынастарды табуға тырысуымыз қажет».

Есептеуіш ойлау дағдылары

Күрделі, ішінара анықталған нақты мәселелерді компьютердің ары қарай адамның көмегінсіз шеше алатын формаға айналдыру үшін келесідей есептеуіш ойлау дағдылары (computational thinking skills) бөлінеді: абстракция, алгоритмдеу, автоматтандыру, проблемалардың жіктелуі (декомпозиция), жалпылау (бағалау).

Цифрлық білім берудегі мұндай дағдылар жоғары білікті мамандардың абстракцияны, логиканы, алгоритмдерді және мәліметтерді ұсынуды қоса алғанда, компьютердің негізгі принциптері мен тұжырымдамаларын түсініп, қолдануы керек; проблемаларды есептеу тұрғысынан талдай білу, мәселелерді шешу үшін компьютерлік бағдарламаларды жазу немесе қолдану бойынша практикалық тәжірибеге ие болу; сонымен қатар, проблемаларды аналитикалық шешу үшін цифрлық технологияларды бағалай және қолдана білуі қажет. Олардың дамуы мектептен бастап білім берудің маңызды нәтижелерінің бірі болып табылады және информатика мен ақпараттық-технологиялық бағыттағы пәндерді оқытуда маңызды рөл атқарады.

Есептеуіш ойлаудың дағдылары зерттеушілер арасындағы сәйкессіздіктің көзі болып табылады. Нақты компоненттер әр түрлі болуы мүмкін, бірақ олар ұсынатын негізгі ұғымдар біркелкі. Жаннет Винг [4, 6] есептеуіш ойлаудың мынандай компоненттерін бөліп көрсетеді: абстракция, алгоритмдер, автоматтандыру, проблемалардың ыдырауы (декомпозиция), жалпылау (бағалау). Есептеуіш ойлау қабілеті - бұл күрделі, ішінара анықталған нақты мәселелерді компьютердің адамның көмегінсіз шеше алатын формаға айналдыру үшін қажет дағдылар жиынтығы. Цифрлық білім берудегі мұндай дағдылар жоғары білікті мамандардың абстракцияны, логиканы, алгоритмдерді және мәліметтерді ұсынуды қоса алғанда, компьютердің негізгі принциптері мен тұжырымдамаларын түсініп, қолдануы керек; проблемаларды есептеу тұрғысынан талдай алуы және осындай мәселелерді шешу үшін компьютерлік бағдарламаларды жазуда немесе қолдануда практикалық тәжірибеге ие болуы керек; мәселелерді аналитикалық шешу үшін ақпараттық технологияларды, соның ішінде жаңа технологияларды бағалай және қолдана алуы қажет.

Есептеуіш ойлаудың абстракция анықтамаларына, проблемаларды шешуді, алгоритмдік ойлауды, автоматтандыруды және жалпылауға келесідей тұжырымдама жасауға болады:

- Абстракция проблемаларды немесе жүйелерді түсінуді жеңілдетеді. Абстракция – бұл қажет емес бөлшектер мен айналымылар санын азайту арқылы артефактіні неғұрлым түсінікті ету процесі; сондықтан қарапайым шешімдерге әкеледі.

- Алгоритмдер – бұл бастапқы есепті (мәселені) шешуге қажетті барлық ішкі есептердің шешімдерін қамтамасыз ету үшін орындалатын реттелген қадамдар тізбегін құру процесі.
- Автоматтандыру деген – бұл басқа мәселелерді тиімді шешу үшін компьютерге және технологиялық ресурстарға қолданылатын алгоритмдерді қолдану.
- Проблемалардың ыдырауы (декомпозиция) - бұл проблемаларды кішігірім және түсінікті компоненттерге бөлуге мүмкіндік беретін әдіс.
- Жалпылау (бағалау) – бұл тұжырымдалған шешімдерді немесе алгоритмдерді мәселенің әртүрлі жағдайларына бейімдеу процесі. Жалпылау заңдылықтарды, ұқсастықтарды, байланыстарды анықтаумен және осы функцияларды қолданумен байланысты болады. Бұл алдыңғы шешімдерге негізделген жаңа мәселелерді тез шешудің тәсілі болып табылады [2].

Есептеуіш ойлауды бағалауға қолданылатын тәсілдер

Цифрлық білім беруде есептеуіш ойлауды бағалауға қолданылатын бірқатар әдістер бар. Олар есептеуіш ойлауды мектепте, университетте, үйде және жұмыста практикалық пайдалану үшін қолданылатын құралдар.

Жобалау. Бұл артефактілердің құрылымын, сыртқы түрін және функционалдығын дамытуды қамтиды. Ол жоба туралы идеяларды құруды, блок-схема, декодтау, псевдокод, жүйелік диаграммалар және т.б. түрінде шешім әзірлеуді қамтамасыз етеді.

Бағдарламалау. Кез-келген компьютерлік жүйені дамытудың маңызды элементі - жобаны код формасына аудару (бағдарламалау). Оның бағалауы кез-келген күтілетін жағдайда дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

Өңдеу – нәтижелерді болжау және тексеру үшін тестілеу, қателерді бақылау және логикалық ойлау сияқты дағдыларды қолдана отырып, талдау мен бағалауды жүйелі қолдану.

Талдау. Мұның құрамына бөлу (ыдырау), қажетсіз күрделілікті азайту (абстракция), процестерді анықтау (алгоритмдер) және жалпы байланыстар мен заңдылықтарды іздеу (жалпылау) кіреді. Бұл мәселені жақсы түсіну үшін логикалық ойлауды қолдану қажет болады [15].

Әдебиеттерді талдау зерттеу нәтижелеріндегі есептеуіш ойлау туралы қайшылықты пікірлерді көрсетеді, бұл бағдарламалаудың өзі білім алушылардың проблемаларды шешу қабілетіне айтарлықтай әсер ететіндігін білдіреді. Есептеуіш ойлаудың компоненттерін қолданған зерттеу білім алушылардың проблемаларды шешуге, дерексіз ойлауға, бірлескен оқуға қабілеттерінің артуын көрсеткен. Білім алушылармен пәнаралық жұмыс және олардың оқу салалары арасындағы байланысты түсіну, кездесетін мәселелерді анықтау, ықтимал шешімдерді зерттеу, дұрыс шешім таңдау, деректерді жинау және талдау, ақаулықтарды жою, өз модельдерін жасау және шешімдерді жалпылау олардың проблемаларды шешу қабілетіне көмектеседі [2].

Қорытындылай келе, есептеуіш ойлау идеясы барған сайын әр адамның бойында болуы керек дағдылар мен қабілеттердің жиынтығы ретінде маңыздылыққа ие болуы керек. Алайда, есептеуіш ойлау информатика ұғымдарына да сүйенеді. Информатика өзі компьютерлер мен есептеу жүйелерін зерттейтін пән болса да, есептеуіш ойлау дегеніміз күрделі мәселелерді шешуге, сол мәселелерді шешу процесін көптеген мәселелерге ауыстыруға қатысатын ойлау процестері болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Берман Н.Д. К вопросу о цифровой грамотности // *Современные исследования социальных проблем.* 2017. Т8. №6-2. С. 35-38.
- 2 Берман Н.Д. Вычислительное мышление // *ЦИТИСЭ №3(20).* 2019.
- 3 Клуникова М.М., Пушкарева Т.П. О подходах к определению понятия «Вычислительное мышление» // *Инновации в образовательном пространстве: опыт, проблемы, перспективы: сборник научных трудов.* 2016. С.35-39.
- 4 Wing J.M. Computational Thinking // *Communications of the ACM.* 2006. March. Vol. 49. №3. P. 33-35.
- 5 Papert S. An Exploration in the Space of Mathematics Educations // *International Journal of Computers for Mathematical Learning.* 1996. Vol. 1. №1. P.95-123.
- 6 Wing J.M. Research Notebook: Computational Thinking – what and why? *The Link Magazine,* 2011. 20-23.
- 7 Yadav A., Mayfield C., Zhou N., Hambrusch, S., & Korb, J.T. Computational thinking in elementary and secondary teacher education. // *ACM Transactions n Computing Education,* 14(1), 5. 2014. <http://dx.doi.org/10.1145/2576872>
- 8 Furber S. Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools. *Technical report, The royal Society, London.* 2012.

- 9 Denning P.J. *The profession of IT Beyond computational thinking*. *Communications of the ACM*, 52(6), P.28-30. 2009.
- 10 Hemmendinger D. *A plea for modesty* // *ACM Inroads*, 2010. 1(2), P.4-7.
- 11 Bocconi S., Chiocciariello A., Dettori G., Ferrari A., Engelhardt K., *Developing computational thinking in compulsory education – Implications for policy and practice*; EUR 28295 EN.
- 12 Fletcher G.H., Lu J.J. *Education: Human Computing Skills: Rethinking the K12 Experience*. Association for Computing Machinery. // *Communications of the ACM*, 2009. 52(2). P.23-25
- 13 Хеннер Е.К. *Вычислительное мышление* // *Образование и наука*. 2016. №2(131). С.18-33.
- 14 Вольфенгаген В.Э. *Область между навыками и фундаментальными принципами вычислений* // *Апplikативные вычислительные системы: материалы III Международной конференции ABC*. 2012. Москва, С. 1-7.
- 15 Берман Н.Д. *Роль информационных технологий в развитии навыков вычислительного мышления* // *Мир науки. Педагогика и психология*. 2019, №2. Том 7.

References:

- 1 Berman N.D. (2017) *K voprosu o cifrovoj gramotnosti [On the issue of digital literacy]*. *Sovremennye issledovaniya social'nyh problem*. T8, №6-2, 35-38. (In Russian)
- 2 Berman N.D. (2019) *Vychislitel'noe myshlenie [Computational thinking]*. *CITISJe №3(20)*. (In Russian)
- 3 Klunnikova M.M., Pushkareva T.P. (2016) *O podhodah k opredeleniju ponjatija «Vychislitel'noe myshlenie» [On approaches to the definition of the concept of "Computational thinking"]*. *Innovacii v obrazovatel'nom prostranstve: opyt, problemy, perspektivy: sbornik nauchnyh trudov*. 35-39. (In Russian)
- 4 Wing J.M. *Computational Thinking* // *Communications of the ACM*. 2006. March. Vol. 49. №3. 33-35.
- 5 Papert S. (1996) *An Exploration in the Space of Mathematics Educations* // *International Journal of Computers for Mathematical Learning*. Vol. 1, №1, 95-123.
- 6 Wing J.M. (2011) *Research Notebook: Computational Thinking – what and why?* *The Link Magazine*. 20-23.
- 7 Yadav A., Mayfield C., Zhou N., Hambrusch, S., & Korb, J.T. (2014) *Computational thinking in elementary and secondary teacher education*. // *ACM Transactions n Computing Education*, 14(1), 5. <http://dx.doi.org/10.1145/2576872>
- 8 Furber S. (2012) *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. *Technical report, The royal Society, London*.
- 9 Denning P.J. (2009) *The profession of IT Beyond computational thinking*. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30.
- 10 Hemmendinger D. (2010) *A plea for modesty* // *ACM Inroads*. 1(2), 4-7.
- 11 Bocconi S., Chiocciariello A., Dettori G., Ferrari A., Engelhardt K., *Developing computational thinking in compulsory education – Implications for policy and practice*; EUR 28295 EN.
- 12 Fletcher G.H., Lu J.J. (2009) *Education: Human Computing Skills: Rethinking the K12 Experience*. Association for Computing Machinery. // *Communications of the ACM*. 52(2), 23-25
- 13 Henner E.K. (2016) *Vychislitel'noe myshlenie [Computational thinking]*. *Obrazovanie i nauka*. №2(131), 18-33. (In Russian)
- 14 Vol'fengagen V. Je. (2012) *Oblast' mezhdru navykami i fundamental'nymi principami vychislenij [The area between skills and fundamental principles of computing]*. *Applikativnye vychislitel'nye sistemy: materialy III Mezhdunarodnyj konferencii AVS*. Moskva, 1-7. (In Russian)
- 15 Berman N.D. (2019) *Rol' informacionnyh tehnologij v razvitii navykov vychislitel'nogo myshlenija [The role of information technology in the development of computational thinking skills]* // *Mir nauki. Pedagogika i psihologija*, №2, Tom 7. (In Russian)