

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-50-15>

УДК 004.89

Проніна Ольга Ігорівна, к.т.н., доцент,<https://orcid.org/0000-0001-7085-8027>**Палій Ігор Дмитрович**, магістр<https://orcid.org/0000-0003-3455-3204>

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро/Маріуполь, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ НАВЧАННЯ ДІТЕЙ РАННЬОЇ ГРАМОТНОСТІ

Проніна О. І., Палій І. Д. Використання доповненої реальності для навчання дітей ранньої грамотності.

Розвиток мовлення у ранньому дитинстві одна з актуальних проблем дошкільного виховання. Навчання мовленню не тільки гарантує легшу комунікацію із дорослими та однолітками, але й відіграє роль у неврологічному розвитку дитини. Ґрунтуючись на цьому твердженні доцільна розробка програмного забезпечення. Спираючись на аналіз проведений в роботі доцільним є використання доповненої реальності. Як інструменту за допомогою якого відбувається навчання ранньої грамотності. Робота присвячена побудові методу, що покладено в основу системи для навчання дітей дошкільного віку навичкам раннього розвитку. Описана математична модель розробленої системи. В роботі представлено результат експерименту, а саме експеримент по виявленню точності визначення елементів розпізнавання.

Ключові слова: доповнена реальність, інтерактивна навчальна система, навчання дітей дошкільного віку, система підтримки прийняття рішень.

Pronina O.I., Paliy I.D. Use of augmented reality for teaching children early literacy. Using augmented reality to teach children early literacy. The development of speech at an early age is one of the urgent problems of preschool education. Language learning not only guarantees easier communication with adults and peers, but also plays a role in a child's neurological development. Based on this statement, software development is appropriate. Based on the analysis carried out in the work, it is advisable to use augmented reality. As a tool through which early literacy is taught. The work is devoted to the construction of the method underlying the system for teaching preschool children the skills of early development. The mathematical model of the developed system is described. The paper presents the result of the experiment, namely the experiment to identify the accuracy of determining recognition elements.

Keywords: augmented reality, interactive educational system, education of preschool children, decision support system.

Постановка наукової проблеми. З розвитком програмного та апаратного забезпечення технології доповненої реальності активно застосовуються у багатьох напрямках: рекламі, розвагах (іграх), маркетингу, медицині, інженерії та багато інших. Як відомо, найкращі технології впроваджуються у навчальні процеси, як основу розвитку суспільства. Дошкільна освіта відіграє важливу роль у неврологічному розвитку дітей раннього віку. Дослідники вважають, що неврологічне розвиток значною мірою залежить від навчання, яке відбувається в ранні роки життя, і що мозок маленької дитини потребує певних типів стимуляції для нормального розвитку. Така стимуляція уможливує певні види навчання, коли дитина йде до школи. Це також збільшує нервові зв'язки дитини, які відповідають за соціальний, емоційний та інтелектуальний розвиток. Таким чином, дошкільна освіта спирається на широкий спектр кінестетичних, тактильних, слухових та нюхових дій, що стимулюють розвиток мозку дитини повною мірою [1].

За допомогою мовлення у дітей розвиваються такі операції мислення, як аналіз, синтез, порівняння, абстрагування, класифікація. Завдяки мовленню діти засвоюють операції дедукції (поодинокі факти підводять до загального) та індукції (загальний висновок пристосовують до поодиноких фактів).

Одною із найважливіших базових навичок, що починає формуватися у перші місяці життя дитини, є мовлення. У міру зростання й розвитку дитина вимовляє спочатку окремі звуки, потім прості слова такі, як «мама», «баба», «дай». Розвиток мовлення – особливий та не менш важливий процес, ніж самостійне ходіння.

Перші три-чотири роки життя дитини, є вирішальними в розвитку мовлення та закладають основи для майбутнього словотворення та говоріння дитини. Увесь необхідний розвиток дитина може отримати в середовищі, де вона чує звуки та мовлення інших людей. Саме у період до трьох років діти краще всього сприймають та засвоюють мовлення, тому батькам необхідно підтримувати та сприяти нормальному розвитку своєї дитини.

Окрім того, у ранньому віці зростає навантаження на центральну нервову систему дитини, що створює сприятливі умови для порушення мовленнєвого розвитку або втрати вже існуючого мовлення.

Дефіцит спілкування з батьками та іншими дітьми, недостатній час знаходження у суспільстві, під час дитинства, сприяє виникненню мовлених розладів та розвитку дефектів вимови та артикуляції деяких звуків. У найгірших випадках, спостерігається затримка у розвитку.

Мета дослідження. Метою даної роботи є розробка методу, що покладено в розроблену систему, а також розробка і перевірка адекватності роботи системи раннього розвитку дитини реалізованої на основі доповненої реальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У сучасному світовому суспільстві одним із пріоритетних напрямів розвитку освіти є впровадження інформаційних технологій. У роботі [2] розглядаються результати багатьох актуальних наукових досліджень у галузі застосування ІТ в освіті, а також стан і тенденції розвитку інформаційних технологій в Україні. Окрім того автор статі розглядає як позитивні наслідки впровадження інформатизації у навчання (підвищення ролі знань, глобалізація свідомості тощо), так і негативні (залежність від Інтернету, послаблення соціальних зв'язків та посилення соціальної відокремленості). Результатом цієї роботи є виведений перелік сучасних світових тенденцій розвитку інформатизації освіти та формулювання актуальних напрямів подальшої розробки окресленої, у роботі, проблеми.

У наслідок пандемії COVID-19, дистанційне навчання, з використанням хмарних технологій, набуло значного розповсюдження. У роботі [3] розглядаються проблеми та проводиться аналіз результатів, отриманих з використанням електронної системи навчання «Smart Kids». Система використовувалась у 2017-2020 роках для школярів 1 - 4 класів та засновувалась на методиці використання електронних освітніх ресурсів і віртуального кабінету вчителя. Автор цієї роботи проводить дослідження експерименту по впровадженню системи «Smart Kids» у початкові навчальні заклади України. Провівши аналіз результатів та опитування вчителів, автор робить висновок, що впровадження та використання даної технології є позитивним прикладом забезпечення безперервного та якісного навчання.

У іншій роботі [4] автор, базуючись на досвіді створення і впровадження електронних підручників, робить висновок о необхідності розробки систем, які дозволяють проводити інтерактивну взаємодію з суб'єктом навчання.

В свою чергу, автор роботи [5] проводить аналіз AR-технології, її призначення та функції. В своїй роботі він демонструє, що використання доповненої реальності може поліпшити процес навчання завдяки візуалізації поданої інформації та відтворення деяких процесів для наочного уявлення в реальних розмірах і можливостях. В роботі виділено переваги і недоліки технології доповненої реальності.

Робота [6] розглядає методи та переваги використання мультимедійних технологій у процесі навчання. Автор наводить ряд мультимедійних засобів (наприклад, електронні презентації, електронні посібники, відеоматеріали), та їх сприяння на процес отримання знань. У висновках роботи, автор указує на проблему відставання сучасних методів освіти від тенденцій сучасного інформаційного суспільства. У якості інструменту вирішення проблеми, автор презентує мультимедійний програмно-методичний комплекс для розвитку професійної педагогічної компетентності викладачів.

Автор роботи [7] вивчає можливість впровадження технології віртуальної реальності у процес вивчення комп'ютерних технологій у середній школі. У для дослідження були розроблені інтерактивні додатки віртуальної реальності «Excel on a forest glade» та «Tower of Nanoi». Розроблене програмне забезпечення було спрямоване на засвоєння та вивчення базових понять та алгоритмів, що використовуються у комп'ютерних науках. Аналітика результатів навчання проводилась за показником середньої оцінки учнів. У результаті роботи було доведено ефективність навчання за допомогою методів віртуальної реальності. Також за опитування учнів, було виведено високий рівень зацікавленості дітей у навчанні з використанням VR.

Стаття [8] проводить порівняння між використанням друкованих підручників і матеріалів з електронними матеріалами з метою підвищення ефективності використання останніх. Автор статі відзначає, що електронні підручники сприяють кращому засвоєнню матеріалу та наділені більш високим

рівнем наочності викладеного матеріалу. На думку автора, завдяки таким можливостям як автоматизований пошук у тексті, зворотній зв'язок з викладачем та наявність відео, або анімаційних матеріалів, електронні підручники позитивно впливають на розвиток та формування інформаційної компетентності у учнів.

Однак у роботі [9] розглядаються значні недоліки використання ІКТ, їх негативний вплив на зростаючий організм та слабкі сторони організації процесу навчання. Автор попереджує про можливе розвинення психічних проблем, проблем з мисленням та розвинення хвороби очей. Окрім того, в статті вказується на проблеми з сучасним поданням інформації у електронному вигляді, її великий об'єм та недостовірність більшості джерел. Через це, поширюються випадки, коли учні засвоюють неповний або невірний матеріал. У висновку автор наголошує, що при будь-якому методі навчання, головним повинен бути результат засвоєння інформації, а не вигляд подачі матеріалу.

Робота [10] розглядає ризики використання технологій AR/VR у навчанні, вивчає вплив на продуктивність учня та можливість виникнення кіберхвороб. Автор аналізує причини виникнення кіберхвороби при використанні віртуальної реальності та описує модель когнітивної активності у штучній середі навчання. У результаті було виявлено, що чим більш захоплюючим є віртуальний досвід, тим активніше працюють нейрофізичні підсистеми людини. Саме тому, автор підкреслює важливість пом'якшення ефекту кіберхвороби, тому як вироблення імунітету до неї може затягнутися на декілька часів, критичних у процесі навчання.

Робота [11] спрямована на доведення позитивного впливу додатків доповненої реальності на дітей дошкільного віку. Автор розглядає AR додатки, як можливість розвинути такі навички, як просторове мислення, читання, художні навички, музикальні навички та вивчення іноземної мови. Гнучкість розробки таких додатків дозволяє програмувати різні інтерактивні сценарії, які дозволяють одночасно безперервно взаємодіяти з реальним та віртуальними об'єктами. У роботі, автор спирається на думку, що у сучасному повсякденному житті діти кожен день перетинаються з ІКТ, які частіше мають розважальний напрямок. Тому впровадження доповненої реальності у навчання може перемикнути увагу дитини на більш продуктивний напрямок.

Аналізуючи сучасну літературу, можна зробити висновок, що у нинішніх тенденціях розвитку інформаційно комунікативних технологій в навчанні, бажано починати пристосовувати дітей до сучасних моделей отримання знань ще з дошкільного віку. Використання доповненої реальності допоможе з досягненням цієї задачі завдяки наступним перевагам:

- інтерактивності додатку носить ігровий характер;
- дизайн додатків привабливий для дітей раннього віку;
- додатки мають високу наочність, що сприяє ліпшому запам'ятовуванню;
- додатки мають широкий простір для реалізації різних сценаріїв та напрямків навчання.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Для опису побудови доповненої реальності була розроблена наступна математична модель представлена у вигляді неорієнтованого графу. Це необхідно для ілюстрації зв'язку між об'єктами реального світу та доповненими. Математична модель реалізації доповненої реальності за допомогою зображень-маркерів має наступний вигляд:

$$G = \{V, E\}; V\{v_{i1}\}, E\{e_{i2}\}, i1 \in D, i2 \in 1 \dots k, \quad (1)$$

де V – множина вершин графу ($a, r \in V$);

E – множина ребер графу ($e \in E$);

D – множина об'єктів у базі даних;

a – об'єкти доповненої реальності;

r – об'єкти реального світу (отримані з камери).

У якості вершин графу виступають реальні об'єкти та доповнені, тоді як ребрами є зв'язок між ними. Така модель є узагальненою графовою моделлю. Формула для отримання графової моделі виглядає наступним образом:

$$\begin{aligned} \forall a_k(o, s) \in obj, \forall r_k(m, l) \in scrn, k = 1 \dots D, \\ G = \{V \cup a_k(m, o) \cup r_k(m, l), E \cup (a_k, r_k)\}, \end{aligned} \quad (2)$$

де *scrn* – сутність реального світу отримана камерою;

m – множина маркерів на одному елементі зображення;

l – яскравість елемента зображення;

obj – віртуальна сутність на екрані;

o – віртуальний об'єкт представлений у вигляді 3D моделі;

s – звукове супроводження до окремого об'єкту.

Варто зазначити, що координати (o, s) та (m, l) закріплюються за вершинами a_k та r_k відповідно. І у разі видалення цих вершин місце з координатами (o, s) та (m, l) та залишається порожнім.

Для розробки системи освітнього додатку з використанням доповненої реальності було виявлено три основні етапи:

– отримання зображення карток камерою мобільного пристрою, обробку та розпізнавання технологією *image tracking*;

– 3D візуалізацію відносно отриманих даних з карток;

– обробка вводу та синтез мови відносно даних отриманих с карток.

Кожен з етапів має свої кроки. Першим кроком процесу відстеження маркера є виявлення контурів потенціальних маркерів, а потім визначення розташування кутів маркера на зображенні. Крім того, система виявлення повинна підтвердити, що це дійсно маркер, і розшифрувати його ідентичність. Нарешті, система обчислює позу, використовуючи інформацію з виявленого розташування маркера.

Основна процедура виявлення маркера складається з наступних кроків:

1) Отримання зображення: отримання зображення інтенсивності.
2) Попередня обробка: нижчий рівень обробки зображення; не спотворення; виявлення/підгонка лінії; виявлення кутів маркера.

3) Виявлення потенційних маркерів: швидке відторгнення «хибних» маркерів; швидкий приймальний тест на потенційні маркери.

4) Ідентифікація та розшифрування маркерів: аналіз відповідності шаблону (маркери шаблону); декодування (маркери даних).

5) Розрахунок пози маркера: оцінка положення маркера; ітераційний розрахунок пози для точної пози.

Основна ідея доповненої реальності полягає в тому, щоб представити віртуальні об'єкти в реальному середовищі так, ніби вони є його частиною. Поза камери використовується для відтворення віртуального об'єкта у правильному масштабі та перспективі. Віртуальна камера комп'ютерної графіки переміщується в ту саму позу, що й реальна камера, а віртуальні об'єкти відображаються поверх реального зображення, рисунок 1.

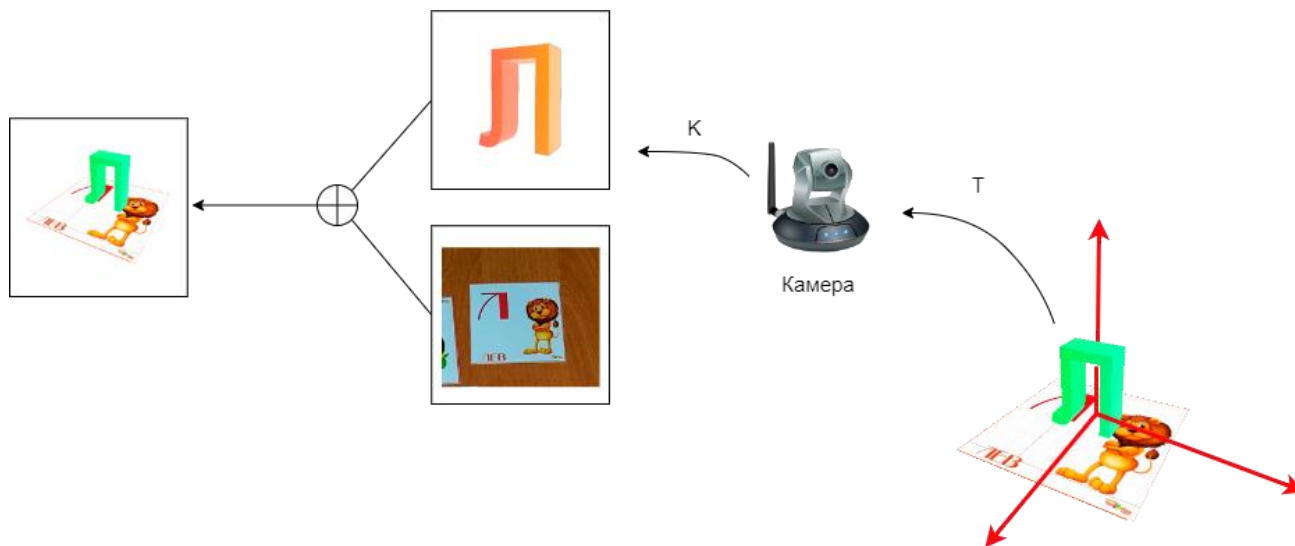


Рис. 1 – Доповнення зображення з початку координат

Якщо віртуальний об'єкт візуалізується за допомогою матриці трансформації камери T і матриці камери K , він з'являється в початку координат у тій самій орієнтації, що й осі координат. Якщо система хоче відобразити об'єкт у іншій позі, їй потрібно додати T_{object} матрицю до об'єкту у конвеєрі візуалізації, рисунок 2.

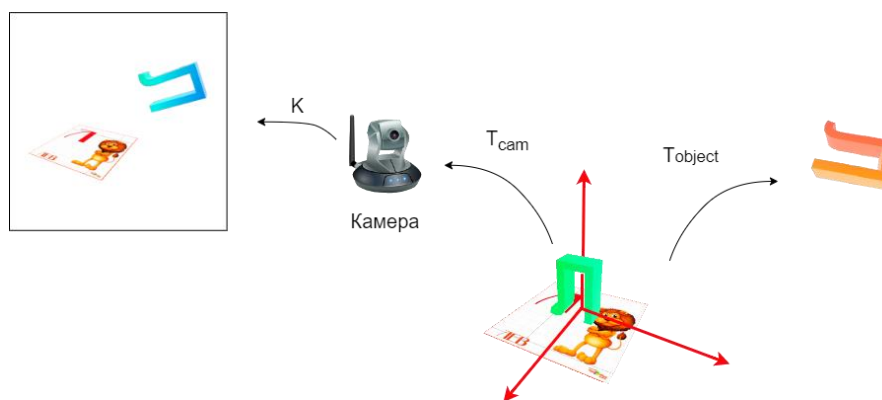


Рис. 2 – Доповнення зображення у загальних розташуванні та орієнтації

Якщо і камера, і маркер рухаються, система відстеження може визначити відносно положення камери та маркера, але абсолютне положення (відносно до земних координат) залишається невідомими. Іноді для орієнтування об'єкта зручно використовувати додаткові технології. Система може використовувати у такому випадку акселерометр, який є вбудованим датчиком у більшості нових смартфонів (наприклад, iPhone 4G). Акселерометр забезпечує вектор гравітації в системі координат телефону. Завдання полягає в тому, щоб перетворити його координати у світову систему координат (зміна базису координат), а потім повернути світову вісь z паралельно протилежному вектору гравітації. Додатку потрібно додати це обертання R у конвеєр візуалізації. Подібним чином програма може орієнтувати додаток відповідно до даних координат цифрового компасу.

Система, в основі якої лежить розроблений метод складається з наступних елементів: модуль розпізнавання маркерів, база даних маркерів, графічний інтерфейс, база даних 3D моделей та аудіо матеріалів, модуль взаємодії користувача з доповненими елементами. За основу було взято міжплатформене середовище розробки 3D додатків Unity.

Для виявлення точності визначення елементів розпізнавання був проведений експеримент. Для цього було згруповано склади, що утворюються літерами українського алфавіту. На першому етапі навчання, дитина вивчає склади, що складаються з двох літер. Для навчання дитини читанню у ранніх

роках бажано починати вивчення з приведених нижче складів, оскільки вони простіше в освоєванні, та в більшій кількості використовуються в перших словах. Для експерименту склади були поділені на наступні класи:

- перший клас: ма, мо, му, ме, мє, ми, мі, мю, мя, мі;
- другий клас: ба, бо, бу, бе, бє, би, бі, бю, бя, бі;
- третій клас: па, по, пу, пе, пє, пи, пі, пю, пя, пі;
- четвертий клас: да, до, ду, де, дє, ди, ді, дю, дя, ді;
- п'ятий клас: та, то, ту, те, тє, ти, ті, тю, тя, ті;
- шостий клас: ка, ко, ку, ке, кє, ки, кі, кю, кя, кі;
- сьомий клас: на, но, ну, не, нє, ни, ні, ню, ня, ні;
- восьмий клас: ла, ло, лу, ле, лє, ли, лі, лю, ля, лі;
- дев'ятий клас: ва, во, ву, ве, вє, ви, ві, вю, вя, ві;
- десятий клас: за, зо, зу, зе, зє, зи, зі, зю, зя, зі;
- одинадцятий клас: са, со, су, се, сє, си, сі, сю, ся, сі.
- дванадцятий клас: всі літери українського алфавіту;
- тринадцятий клас: цифри від одного до десяти;
- чотирнадцятий клас: тварини сільського господарства.

У таблицю 1 були записані результати тестування кожного з отриманих класів. Експеримент проводився в умовах різного освітлення, тому як час необхідний на розпізнавання зображення-маркеру залежить від освітленості зображення яке фіксується камерою. Окрім того на швидкість та стабільність роботи доповненої реальності впливають такі фактори як: фокусна відстань камери; якість зображення, отриманого камерою; кількість маркерів та їх відстань до камери; якість самого маркеру, яка визначається кількістю та густиною ключових точок на зображенні.

Таблиця 1 – Результат експерименту, спрямованого на виявлення точності визначення елементів розпізнавання

Клас	Кількість елементів	Точність розпізнавання, %	Час розпізнавання, с
Перший клас	12	99.45	0.1 – 0.5
Другий клас	12	99.3	0.1 – 0.33
Третій клас	12	98.7	0.1 – 0.32
Четвертий клас	12	99.2	0.1 – 0.33
П'ятий клас	12	99.1	0.1 – 0.31
Шостий клас	12	99.4	0.1 – 0.33
Сьомий клас	12	99.6	0.1 – 0.34
Восьмий клас	12	99.85	0.1 – 0.35
Дев'ятий клас	12	99.1	0.1 – 0.39
Десятый клас	12	98.15	0.1 – 0.36
Одинадцятий клас	12	99.35	0.1 – 0.32
Дванадцятий клас	31	98.65	0.1 – 0.31
Тринадцятий клас	10	70.4	0.2 – 1.45
Чотирнадцятий клас	5	80.1	0.15 – 1.1

На рис. 3 зображена діаграма точності розпізнавання класів, яка відображує дані отримані у табл. 1.

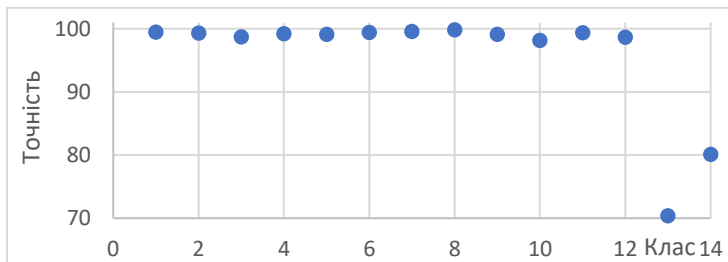


Рис. 3 – Діаграма точності розпізнавання класів

З діаграми ми бачимо що класи тринадцять та чотирнадцять розпізнаються гірше ніж класи один, чотири або десять. Це обумовлено тим, що зображення маркери, які використовувались для закріплення доповнених об'єктів, мають недостатню кількість ключових точок, за якими система порівнює зображення отримане з камери з зображенням у базі даних. Також класи, які репрезентують склади, відрізняються саме за цими показниками. Тобто для розпізнавання цілого складу системі необхідно окремо розпізнати кожен літеру і лише потім отримати сумарний результат.

Аналізуючи отримані результати можна помітити, що система працює стабільно, час розпізнавання у середньому варіюється в межах від 0,1 с до 0,31 с. Точність розпізнавання є більшою за 90 %, і лише два класи показують точність меншу. Це обумовлено специфікою об'єктів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. У результаті роботи був розроблено метод відстеження зображень-маркерів для побудови доповненої реальності. А також наведено математичну модель, яка покладена в основу системи, що дозволяє навчати дітей ранній грамотності. Розроблений метод включає в себе три основні етапи: отримання зображення карток камерою мобільного пристрою, обробку та розпізнавання технологією image tracking; 3D візуалізацію відносно отриманих даних з карток; обробка вводу та синтез мови відносно даних отриманих с карток. Кожен з цих етапів складається з додаткових кроків. Експериментальні дослідження для виявлення точності визначення елементів розпізнавання показали, що отримані дані, щодо точності розпізнавання, можна зробити наступний висновок: у нормальних умовах, тобто при достатньому освітленні, середня точність розпізнавання маркеру дорівнює 95,7%, а час необхідний для розпізнавання 0,11 секунд. Тобто система працює стабільно та швидко, якщо на неї немає впливу серйозних зовнішніх умов.

Розроблена математична модель реалізації доповненої реальності за допомогою зображень-маркерів та метод, що покладені в основу системи з доповненою реальністю дозволяють навчати дітей дошкільного віку (1-5 років) ранній грамотності. Необхідність навчати дітей обумовлено впливом раннього мовлення на майбутній розвиток дитини та необхідністю раннього навчання мовленню. Система дозволяє вивчати літери, цифри та тварин, крім цього в системі передбачено можливість озвучення складів для розвитку навичок читання у дитини. В системі використовується також озвучення назв цифр, та для тварин, звуків які вони видають. Всі матеріали були створені та підібрані з урахуванням вимог до методик раннього розвитку дітей. Таким чином впровадження розробленої системи дозволить зацікавити дітей, та навчити їх читати по складам. Що в свою чергу може підвищити зацікавленість до навчання в школі, та полегшати навчання в початковій школі.

Список бібліографічного опису

1. Nirmala Rao Early child development in low- and middle-income countries: Is it what mothers have or what they do that makes a difference to child outcomes? / Rao Nirmala, Cohrsen Caroline, Sun Jin, Su // *Advances in Child Development and Behavior*, Vol. 61, June 2021, p. 255-277, <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2021.04.002>
2. Тарнавська Т. В. Сутність інформаційних технологій в освіті / Т. В. Тарнавська. // *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки.* - 2013. - Вип. 108.1. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_31.
3. Svitlana Lytvynova, Nataliia Demeshkant. Distance Learning in Primary School During the COVID 19 Pandemic: Results of the "SMART KIDS" Experiment. – *ICTERI 2021*, p. 1–10.
4. Шамо́ня В. Г. Використання ІТ в освіті: аналіз напрацювань наукової лабораторії при кафедрі інформатики СумДПУ ім. Макаренка / В. Г. Шамо́ня, А. П. Шипиленко // *Фізико-математична освіта. Науковий журнал* – 2015. – Випуск 3 (6). – С. 119-130.
5. Єфімов Д. В. Використання доповненої реальності (AR) в освіті. *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки.* Вип. 2, 2021. – С. 219-225, <https://doi.org/10.26661/2522-4360-2021-1-2-34>.
6. Пироженко Ю., Використання мультимедійних технологій в освіті / Ю., Пироженко, Т. Бурласко //

Інформаційно-ресурсне забезпечення освітнього процесу в умовах діджиталізації суспільства : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 11 листопада 2020 р. – Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2020. – С. 320-323.

7. Klochko O.V., Tkachenko S. V., Babiichuk I. M., Fedorets V. M., Galych T. V. Using Virtual Reality Technologies for Teaching Computer Science at Secondary School. – ICTERI 2021, p. 467-479.

8. Єсіна О. Г. Електронний підручник як засіб підвищення якості освіти / О. Г. Єсіна, Л. М. Лінгур // Теорія та методика електронного навчання: збірник наукових праць. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2011. – Вип. II. – С. 255-260.

9. Мотузенко Н.Д., Негативні сторони використання інформаційнокомунікаційних технологій на уроках у школі / Н. Д. Мотузенко, Ю. О. Полукаров // Матеріали вісімнадцятої всеукраїнської науково-методичної конференції. – 2018, С. 181-184.

10. Oleksandr Burov, Olga Pinchuk. Extended Reality in Digital Learning: Influence, Opportunities and Risks' Mitigation. – ICTERI 2021, p.119 – 128.

11. Aydoğdu, F., & Kelpšiene, M. (2021). Uses of Augmented Reality in Preschool Education. International technology and education journal, 5(1), p. 11 – 20.

References

1. Nirmala Rao Early child development in low- and middle-income countries: Is it what mothers have or what they do that makes a difference to child outcomes? / Rao Nirmala, Cohrssen Caroline, Sun Jin, Su // Advances in Child Development and Behavior, Vol. 61, June 2021, p. 255-277, <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2021.04.002>

2. Tarnavs'ka T. V. Sutnist' informatsiynykh tekhnolohiy v osviti / T. V. Tarnavs'ka. // Visnyk Chernihivs'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu. Pedahohichni nauky. – 2013. – Vyp. 108.1. - Rezhyim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_31.

3. Svitlana Lytvynova, Nataliia Demeshkant. Distance Learning in Primary School During the COVID 19 Pandemic: Results of the "SMART KIDS" Experiment. – ICTERI 2021, p. 1–10.

4. Shamonya V. H. Vykorystannya IT v osviti: analiz napratsyuvan' naukovoyi laboratoriyi pry kafedri informatyky SumDPU im. Makarenka / V. H. Shamonya, A. P. Shypylenko // Fyzyko-matematychna osvita. Naukovyy zhurnalyu – 2015. – Vypusk 3 (6). – S. 119-130.

5. Yefimov D. V. Vykorystannya dopovnenoyi real'nosti (AR) v osviti. Visnyk Zaporizhs'koho natsional'noho universytetu. Pedahohichni nauky. Vyp. 2, 2021. – S. 219-225, <https://doi.org/10.26661/2522-4360-2021-1-2-34>.

6. Pyrozhenko Y.U., Vykorystannya mul'tymediynykh tekhnolohiy v osviti / Y.U., Pyrozhenko, T. Burlayenko // Informatsiyno-resursne zabezpechennya osvith'oho protsesu v umovakh didzhytalizatsiyi suspil'stva : zbirnyk materialiv Mizhnarodnoyi nauково-praktychnoyi konferentsiyi, 11 lystopada 2020 r. – Kyiv : Naukovo-metodychnyy tsentr VFPO, 2020. – С. 320-323.

7. Klochko O.V., Tkachenko S. V., Babiichuk I. M., Fedorets V. M., Galych T. V. Using Virtual Reality Technologies for Teaching Computer Science at Secondary School. – ICTERI 2021, p. 467-479.

8. Yesina O. H. Elektronnyy pidruchnyk yak zasib pidvyshchennya yakosti osvity / O. H. Yesina, L. M. Linhur // Teoriya ta metodyka elektronnoho navchannya: zbirnyk naukovykh prats'. – Kryvyy Rih: NMetAU, 2011. – Vyp. II. – S. 255-260.

9. Motuzenko N.D., Nehatyvni storony vykorystannya informatsiynokomunikatsiynykh tekhnolohiy na urokakh u shkoli / N. D. Motuzenko, YU. O. Polukarov // Materialy visimnadtsyatoyi vseukrayins'koyi naukovo-metodychnoyi konferentsiyi. – 2018, S. 181-184.

10. Oleksandr Burov, Olga Pinchuk. Extended Reality in Digital Learning: Influence, Opportunities and Risks" Mitigation. – ICTERI 2021, p.119 – 128.

11. Aydoğdu, F., & Kelpšiene, M. (2021). Uses of Augmented Reality in Preschool Education. International technology and education journal, 5(1), p. 11 – 20.