

УДК 378.14: 371.214.46

Друшляк Марина Григорівна

доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Суми, Україна

marydru@fizmatsspu.sumy.ua

ORCID: 0000-0002-9648-2248

ТЕХНОЛОГІЯ SAMR ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС З МЕТОЮ ФОРМУВАННЯ ВІЗУАЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНОЇ КУЛЬТУРИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ

Анотація. У статті обґрунтовано необхідність впровадження засобів комп'ютерної візуалізації в освітній процес з метою формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики шляхом модернізації системи фахової підготовки таких фахівців у зв'язку із тенденціями інформатизації та візуалізації освітньої сфери. Описано технологію SAMR впровадження таких засобів. Пропонована технологія складається з наступних етапів: Підміна (засоби комп'ютерної візуалізації замінюють традиційні засоби навчання), Покращення (використовуються широкі функціональні можливості засобів комп'ютерної візуалізації), Модифікація (використання засобів комп'ютерної візуалізації дозволяє перепроектувати хід освітнього процесу, змінивши тип заняття, методи та форми навчання), Переосмислення (використання засобів комп'ютерної візуалізації дозволяє створити умови для розв'язування таких завдань, які раніше неможливо було розв'язати у рамках традиційних підходів). Впровадження засобів комп'ютерної візуалізації в освітній процес на перших двох етапах дозволяє полегшити освітній процес, але при цьому він суттєво не змінюється. Підвищити якість освітніх результатів можливо шляхом впровадження засобів комп'ютерної візуалізації на третьому та четвертому етапах технології SAMR. За результатами впровадження технології SAMR формуються компоненти візуально-інформаційної культури майбутніх вчителів математики та інформатики, а саме, формується розуміння сутності ролі засобів комп'ютерної візуалізації в освітньому процесі та формуються навички сприймання, аналізу, інтерпретації, порівняння, співставлення, інтегрування, оцінки, створення та застосування навчального матеріалу, поданого візуально.

Ключові слова: технологія; засоби комп'ютерної візуалізації; SAMR; візуально-інформаційна культура; майбутні вчителі математики та інформатики

Постановка й обґрунтування актуальності проблеми. Інформатизація та цифровізація освітньої сфери змінює способи навчання та засвоєння інформації учнями, тому сучасний вчитель повинен вміти інтегрувати цифрові технології у освітній процес, при чому така інтеграція повинна бути виваженою і виправданою. Водночас вчителі у більшості побоюються впровадження будь-яких інновацій в освітній процес. Так, у 2015 році Американською федерацією вчителів було проведено дослідження, присвячене стресовим факторам серед учителів [1]. З'ясувалося, що серед найбільш гнітючих чинників першу позицію займає брак належної професійної підготовки (71%), що є результатом упровадження нових ініціатив у освіті.

За результатами бесід з учителями математики та інформатики нами встановлено, що вчителі часто стикаються з проблемами відсутності готової якісної візуальної підтримки навчального матеріалу. Більшість з них (57%) не використовують у своїй професійній діяльності засоби комп'ютерної візуалізації через те, що не мають достатніх знань та навичок, необхідних для роботи з такими засобами, через нерозуміння доцільності впровадження таких засобів у освітній процес, оскільки вбачають їх використання лише на рівні простої підміни традиційних засобів навчання. Вчителі, які використовують когнітивно-візуальні моделі у освітньому процесі,

користуються або готовими шаблонами, знайденими в мережі Інтернет, або орієнтуються на готові приклади, частково модифікуючи їх та адаптуючи під власні педагогічні цілі (41%). Це дозволяє зробити висновок про несформованість у вчителів математики та інформатики умінь якісно візуалізувати поняття та їх властивості для забезпечення інтенсифікації навчального процесу та про неналежний рівень сформованості у них візуально-інформаційної культури.

Зазначені фактори дають підстави стверджувати, що професійна підготовка майбутніх учителів математики та інформатики потребує модернізації, оскільки процеси інформатизації та візуалізації освіти супроводжуються посиленням вимог до відбору для педагогічної діяльності кращих конкурентоспроможних представників суспільства. Таку модернізацію вбачаємо у впровадженні засобів комп'ютерної візуалізації в освітній процес за технологією SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) [2].

Аналіз останніх досліджень. Технологія SAMR є об'єктом багатьох досліджень. В. І. Кудашов та А. В. Думов пропонують використовувати SAMR як модель цифрової трансформації освіти [3]. А. Ю. Уваров вбачає ефективність технології SAMR у подоланні «нового» цифрового розриву в освіті, під яким розуміє нерівність між тими, хто активно використовує цифрові технології для продуктивної, творчої роботи, і тими, хто їх використовує пасивно для виконання традиційних функцій [4, С. 25].

Водночас науковцями актуалізуються проблеми організації мобільного навчання на різних етапах технології SAMR [5]; питання впровадження різних засобів навчання у освітній процес, так Дж. Хілтон порівнює технології SAMR та TRACK на прикладі впровадження iPad [6]. Нагадаємо, що TRACK – це технологія, у якій структуровано компетенції вчителя щодо впровадження ІКТ у викладанні та навчанні. У структурі компетенцій виділяється три типи знань: педагогічне знання (pedagogical knowledge, PK), змістове знання (content knowledge, CK) і технологічне знання (technological knowledge, TK), причому поняття «знання» слід інтерпретувати як «знання, уміння, навички, досвід та ставлення» [7].

Питанню використання технології SAMR у професійній освіті присвячено дослідження Д. Цибульські та І. Левіна, які стверджують, що усвідомлення майбутніми вчителями можливостей впровадження інформаційних технологій на рівні «Переосмислення» є необхідним результатом їх професійної підготовки [8].

Необхідність використання технології SAMR підтверджується і на державному рівні. Так у Концепції забезпечення здобувачів середньої освіти е-підручниками та іншими електронними освітніми ресурсами зазначається, що «національна освітня електронна платформа має передбачити механізми постійного дослідження ефективності технологій, що застосовуються, і стимулювати їх випереджаючий розвиток» і саме технологія SAMR пропонується для впровадження ІКТ в освітній процес [9].

Метою статті є розробка технології впровадження засобів комп'ютерної візуалізації в освітній процес для формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики.

Виклад основного матеріалу. Вважатимемо, що вчитель математики та інформатики має високий рівень сформованості візуально-інформаційної культури, якщо він здатний сприймати, інтерпретувати, продукувати інформацію подану візуально; уміє аналізувати, порівнювати, співставляти, інтегрувати, оцінювати, структурувати навчальну інформацію; уміє взаємодіяти з когнітивно-візуальними моделями, йому притаманна здатність до аналізу, прогнозування, рефлексії власної професійної діяльності, яка забезпечує професійний творчий саморозвиток, самовдосконалення й підвищення фахового рівня. Серед цих якостей важливе місце

займають уміння вільно оперувати інструментарієм різних засобів комп'ютерної візуалізації при розв'язуванні певних класів задач шкільного курсу математики та доцільно, виважено й виправдано впроваджувати їх в освітній процес для його підготовки, супроводу, аналізу й коригування.

Під засобами комп'ютерної візуалізації розуміємо віртуальні середовища, де розробниками передбачено інструменти візуального представлення об'єктів, створення їх моделей, які несуть у собі смислове візуальне навантаження, та можливість їх інтерактивного перетворення для унаочнення певних характеристик, вивчення властивостей, установлення співвідношень тощо. Найпопулярнішими засобами комп'ютерної візуалізації, які знаходять своє широке застосування при вивченні шкільного курсу математики, є програми динамічної математики – *GRAN (Gran1, Gran2d, Gran3d)*, *DG*, *Математичний Конструктор*, *The Geometer's SketchPad*, *Cabri*, *GeoGebra*.

З метою формування візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики ми використовуємо технологію впровадження засобів комп'ютерної візуалізації SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition). У своєму дослідженні дотримуватимосся точки зору В. Ю. Стрельнікова у тлумаченні поняття технології як способу взаємодії суб'єктів освітньої діяльності, коли є чітка алгоритмічна послідовність і гарантується одержання кінцевого результату [10, С. 7].

Технологія SAMR складається з чотирьох етапів. Опишемо детально кожен з них.

Підміна (Substitution). Засоби комп'ютерної візуалізації замінюють традиційні засоби навчання. При цьому функціональний потенціал засобів комп'ютерної візуалізації використовується мінімально. На практиці це візуалізація навчального матеріалу викладачем за допомогою різних засобів статичної візуалізації навчальної інформації, наприклад, побудова статичного рисунка із використанням засобів комп'ютерної візуалізації. Це етап рутинного використання засобів комп'ютерної візуалізації, коли вони використовуються як пряма заміна традиційного інструменту без будь-яких функціональних змін.

Покращення, розширення (Augmentation). Функціональні можливості засобів комп'ютерної візуалізації використовуються ширше, порівняно з попереднім етапом. На практиці цей рівень використання засобів комп'ютерної візуалізації пов'язаний із автоматизованим контролем знань [11], із використанням візуалізованих завдань, які можуть бути розв'язані як традиційними засобами, так і з використанням засобів комп'ютерної візуалізації. Візуалізованим вважатимемо завдання, в якому образ явно чи неявно задіяний в умові, відповіді, задає метод розв'язування задачі, створює опору кожному етапу розв'язування задачі або явно чи неявно супроводжує на певних етапах її розв'язування [12].

Наведемо приклад візуалізованого завдання з проєктивної геометрії: побудуйте переріз куба площиною, що проходить через три точки K , L , M , які лежать на гранях $ABCD$, $A'B'C'D'$ та на ребрі AA' відповідно. Таке завдання може бути розв'язане як традиційними засобами (за допомогою олівця та лінійки), так і в середовищі *The Geometer's SketchPad* (рис. 1).

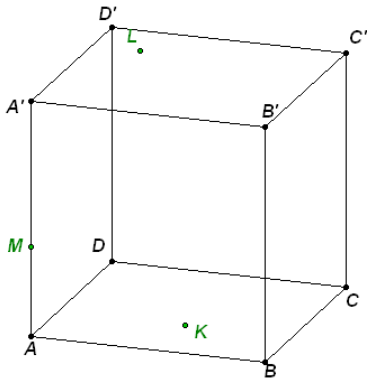


Рис. 1, а. Умова задачі у програмі The Geometer's SketchPad

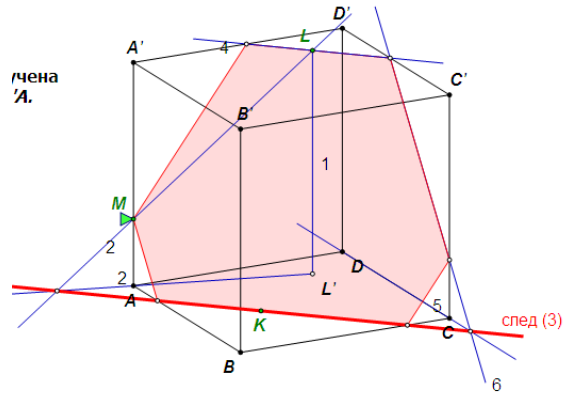


Рис. 1, б. Розв'язання задачі у програмі The Geometer's SketchPad

Модифікація (Modification). На цьому етапі засоби комп'ютерної візуалізації замінюють традиційні засоби навчання. При цьому функціональність засобів навчання істотно змінюється, відбувається не просто вдосконалення процесу навчання, а його перетворення, що призводить до зміни типу заняття, методів та форм навчання, і як наслідок результатів навчання. Засоби комп'ютерної візуалізації дозволяють перепроєктувати хід освітнього процесу, зокрема, переформулювати завдання, які виконують студенти, вимагають переосмислення викладачем форм і методів навчання, тим самим розширюючи спектр традиційних завдань відповідної теми.

Наведемо приклад використання засобів комп'ютерної візуалізації. В рамках залікових лабораторних робіт студенти, майбутні вчителі математики та інформатики, повинні підготувати фрагмент уроку на запропоновану тему, а саме, організувати процес вивчення теореми або опорної задачі на доведення шкільного курсу геометрії, попередньо переформулювавши її у вигляді задачі на дослідження, створити модель з динамічним виразом та підказками (за необхідності), розробити таблицю для запису результатів дослідження та висновків. Наведемо приклади теорем, при вивченні яких можна організувати роботу у запропонований спосіб.

1. Медіани трикутника діляться точкою перетину у відношенні 2:1, починаючи від вершини (рис. 2).
2. Якщо з однієї точки зовні кола провести січну і дотичну до кола, то квадрат дотичної дорівнює добутку січної на її зовнішню частину (рис. 3).

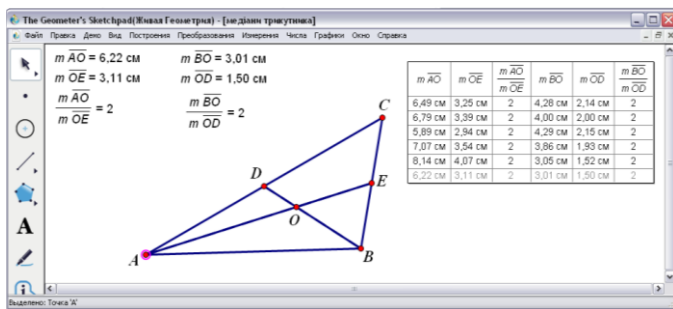


Рис.2. Візуальна модель до задачі 1

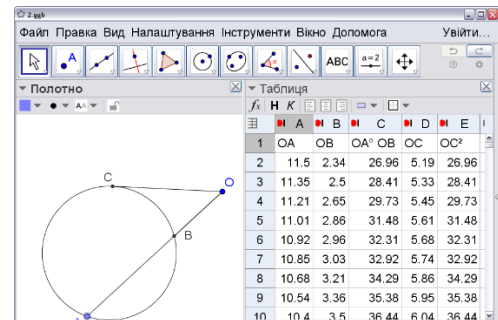


Рис.3. Візуальна модель до задачі 2

Переосмислення, перетворення (Redefinition). Використання засобів комп'ютерної візуалізації дозволяє перетворити навчальний процес і створити умови для розв'язування таких завдань, які раніше неможливо було розв'язати у рамках традиційних підходів. Функціональність засобів комп'ютерної візуалізації істотно розширюється. Даний етап технології впровадження засобів комп'ютерної візуалізації

пов'язаний з можливостями динамічної візуалізації, які закладені в основу програм динамічної математики.

На практиці це використання нетрадиційних підходів до розв'язування різних класів задач, зокрема, використання конструктивного підходу до розв'язування геометричних задач на екстремум [13], використання візуалізації експериментальних випробувань на базі випадкових подій [14], використання когнітивно-візуального підходу до вивчення математичних понять (наприклад, формування поняття конуса через генетичне означення, рис. 4).

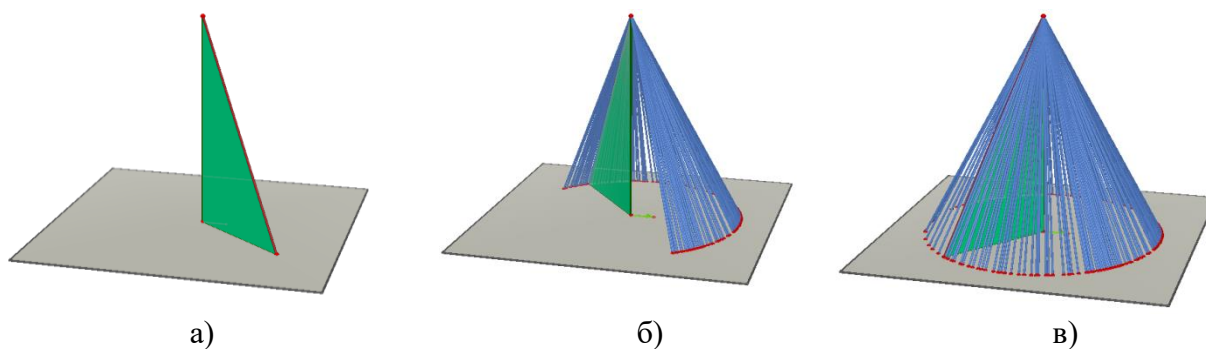


Рис.4. Візуальна модель для формування поняття конуса

На думку М. Ю. Глової та Є. О. Самохвалової [15] технологія SAMR узгоджується із оновленою таксономією Блума [16]. У 1956 році американський педагог і психолог Бенджамін Блум встановив, що навчальні цілі повинні бути упорядковані залежно від складності розумових дій над матеріалом. Б. Блум розрізняв низький (LOTS – знання, розуміння, застосування) та високий (HOTS – аналіз, синтез, оцінка) рівні когнітивних вмінь. Оскільки Б. Блум розташував когнітивні процеси низького та високого порядку в ієрархічній послідовності від простого до складного, то дана ієрархія називається таксономією (рис. 5).

У сучасних умовах таксономія Блума втратила свою актуальність, тому у 2001 році Л. Андерсоном була запропонована оновлена таксономія Блума, яка враховує ширший набір чинників, що чинять вплив на освітній процес. Оновлена версія також налічує шість рівнів когнітивних вмінь – запам'ятовування, розуміння, використання, аналіз, оцінювання і створення, але рівень синтезу відсутній, найвищим рівнем вважається не аналіз, а створення (рис. 6).



Рис. 5. Таксономія Блума



Рис. 6. Таксономія Андерсона

М. Ю. Гловова та Є. О. Самохвалова вважають, що перші два рівні технології SAMR (Підміна, Покращення) пов'язані з низькими рівнями когнітивних вмінь

(запам'ятовування, розуміння, застосування), наступні два рівня (Модифікація, Переосмислення) пов'язані з високими рівнями когнітивних вмінь (аналіз, оцінка, створення). Така цифрова трансформація таксономії Блума дозволяє враховувати вплив цифрових технологій на досягнення певних рівнів когнітивних умінь.

Впровадження засобів комп'ютерної візуалізації в освітній процес на перших двох етапах дозволяє полегшити освітній процес, але при цьому він суттєво не змінюється. Підвищити якість освітніх результатів можливо лише за умови цифрової трансформації освітнього процесу (третій та четвертий етапи впровадження засобів комп'ютерної візуалізації), суттєво змінюючи завдання, які були неможливими за традиційних підходів.

А. Ю. Уваров акцентує увагу на тому, що зараз у освітній сфері відбувається впровадження цифрових технологій, як правило, на першому «Підміна» та другому «Покращення» рівнях [3]. Наголосимо, що аналогічна ситуація складається і у закладах вищої освіти, де викладачі просто не розуміють, яким чином можна розширити функціонал засобів комп'ютерної візуалізації і як їх можна використовувати на третьому «Модифікація» та четвертому «Переосмислення» рівнях. Викладачі старшого покоління у більшості не розуміють як відбувається оновлення змісту та підвищення результативності освітнього процесу із використанням засобів комп'ютерної візуалізації. Через це у студента, майбутнього вчителя математики та інформатики, складається враження, що із використанням засобів комп'ютерної візуалізації не можливо удосконалити освітній процес. А це призводить до несформованості візуально-інформаційної культури майбутніх учителів математики та інформатики.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Таким чином, можна стверджувати наступне.

Система фахової підготовки майбутніх учителів математики та інформатики потребує перегляду у зв'язку із тенденціями інформатизації та візуалізації освітньої сфери. Особливої уваги потребує формування візуально-інформаційної культури майбутніх вчителів математики та інформатики через затребуваність на фахівців із високим рівнем сформованості у них навичок роботи з візуальними матеріалами (пошук, інтерпретація, оцінка, створення тощо) за умов «візуального повороту» у суспільстві, через непристосованість традиційної системи освіти до навчання сучасних учнів, у яких переважає візуальний спосіб сприймання навчального матеріалу.

Саме цифрова трансформація освітнього процесу, побудована за технологією SAMR із використанням системного підходу, а не дискретне використання «комп'ютерів у освіті», сприяє продуктивному формуванню візуально-інформаційної культури майбутніх вчителів математики та інформатики.

За результатами впровадження запропонованої технології формуються такі компоненти візуально-інформаційної культури майбутніх вчителів математики та інформатики як когнітивний, зокрема, формується розуміння сутності ролі цифрових технологій в освітньому процесі, та операційно-діяльнісний компонент, зокрема, формуються навички сприймання, аналізу, інтерпретації, порівняння, співставлення, інтегрування, оцінки, створення та застосування навчального матеріалу, поданого візуально.

Перспективним подальшим розвитком є розробка критеріїв для оцінки ефективності використання технології SAMR у системі підготовки майбутніх учителів математики та інформатики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Quality of Worklife Survey. American Federation of Teachers. 2015. URL: <http://www.aft.org/sites/default/files/worklifesurveyresults2015.pdf>.
2. Puentedura R. The SAMR Model: Background & Exemplars. URL: http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2012/08/23/SAMR_BackgroundExemplars.pdf.
3. Кудашов В. И., Думов А. В. Информатизация и цифровизация: сложностный подход к оценке трансформации образования. Профессиональное образование в современном мире, 2019, Т. 9, №4. С. 3176-3186.
4. Уваров А. Ю. Образование в мире цифровых технологий: на пути к цифровой трансформации. М.: Изд. дом ГУ-ВШЕ, 2018. 168 с.
5. Wood E., Kidder L., Romrell D. The SAMR model as a framework for evaluating mlearning. Journal of Asynchronous Learning Networks, 2014, V. 18, No 2. P. 1-15.
6. Hilton J. T. A Case Study of the Application of SAMR and TPACK for Reflection on Technology Integration into Two Social Studies Classrooms. The social studies, 2015, Vol. 107, No. 2. P. 68-73.
7. Гриценчук О. О. Розвиток інформаційно-комунікаційної компетентності вчителя у галузі середньої освіти Нідерландів: підходи, моделі, досвід. Інформаційні технології і засоби навчання, 2015, Т. 49, №5. С. 71-81.
8. Tsybulsky D., Levin I. SAMR Framework for Study Technology Integration in Science Education. International Conference “New Respectives in Science Education”, 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/292138851_SAMR_framework_for_Study_Technology_Integration_in_Science_Education.
9. Національна освітня електронна платформа. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obgovorenyya/2018/02/15/BROSHURE_CONCEPT_E-BOOK.pdf.
10. Стрельников В. Ю., Брітченко І. Г. Сучасні технології навчання у вищій школі : модульний посібник для слухачів авторських курсів підвищення кваліфікації викладачів МППК ПУЕТ. Полтава : ПУЕТ, 2013. 309 с.
11. Semenikhina O., Proshkin V., Drushlyak M. Mathematical knowledge control automation within dynamic mathematics programs. E-learning. Vol. 11. E-learning and STEM Education. Monograph. Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska. Katowice-Cieszyn, 2019. P. 571-586.
12. Князева О. О. Реализация когнитивно-визуального подхода в обучении старшеклассников началам математического анализа: дис. канд. пед. наук / Омский государственный педагогический университет, Омск, 2003. 204 с.
13. Semenikhina O., Drushlyak M., Zigunova I., Budyanskiy D. Geogebra as means of improving the quality of education. 14th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2018). May 14-17, 2018, Kyiv. P. 331-345. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2105/10000331.pdf>.
14. Semenikhina O., Drushlyak M. Organization of Experimental Computing in Geogebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. European Journal of Contemporary Education, 2015, V. 11(1). P. 82-90.
15. Глотова М. Ю., Самохвалова Е.А. Цифровая таксонометрия Блума и модель цифровой трансформации образования в учебном процессе ВУЗА. Информатика и образование, 2019, №6 (305). С. 42-48.
16. Anderson L.W., Krathwohl D.R. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom’s taxonomy of education objectives. New York: Addison Wesley Longman, 2001.

SAMR TECHNOLOGY OF COMPUTER VISUALIZATION MEANS INTRODUCTION IN THE EDUCATIONAL PROCESS FOR THE FORMATION OF VISUAL AND INFORMATION CULTURE OF FUTURE MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE TEACHERS

Marina Drushlyak

PhD in Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mathematics Department
Makarenko Sumy State Pedagogical University, Sumy, Ukraine

marydru@fizmatsspu.sumy.ua

ORCID: 0000-0002-9648-2248

Abstract. The article substantiates the necessity of introducing computer visualization means in the educational process in order to form a visual and informative culture of future mathematics and informatics teachers by modernizing the system of professional training of such specialists in connection with the tendencies of informatization and visualization of the educational sphere. SAMR technology for implementing such means is described. The proposed technology consists of the following steps. Substitution: computer visualization means replace traditional learning tools. Improvements: computer visualization means replace traditional ones, but its functionality is used more widely. Modification: use of computer visualization means allows redesign the educational process by changing the type of classes, methods and forms of teaching. Rethinking: the use of computer visualization means allows creating the conditions for solving such tasks, which previously could not be solved within traditional approaches. The introduction of computer visualization means into the educational process at the first two stages makes the educational process easier, but does not change it significantly. The improving the quality of educational achievements is possible through the introduction of computer visualization means at the third and fourth stages of SAMR technology. As a result of the introduction of SAMR technology, components of the visual and information culture of future mathematics and informatics teachers are formed, namely, the understanding of the essence of the role of computer visualization means in the educational process and skills of perception, analysis, interpretation, comparison, comparison, creation, integration, formation, formation and the use of visual learning material.

Keywords: technology; computer visualization means; SAMR; visual and informational culture; future mathematics and computer science teachers

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Quality of Worklife Survey. American Federation of Teachers (2015). <http://www.aft.org/sites/default/files/worklifesurveyresults2015.pdf>
2. Puentedura, R. (2012). The SAMR Model: Background & Exemplars. http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2012/08/23/SAMR_BackgroundExemplars.pdf
3. Kudashov, V., & Dumov, A. (2019). Informatization and digitalization: a complexity approach to assessing the transformation of education. *Professional'noe obrazovanie v sovremennom mire*, 9, 4, 3176-3186. (in Russian).
4. Uvarov, A. (2018). Education in the world of digital technologies: on the path to digital transformation. M.: Izd.dom GU-VShE, 2018 (pp. 168) (in Russian).
5. Wood, E., Kidder, L., & Romrell, D. (2014). The SAMR model as a framework for evaluating mlearning. *Journal of Asynchronous Learning Networks*, 2014, 18 (2), 1-15.
6. Hilton, J. (2015). A Case Study of the Application of SAMR and TPACK for Reflection on Technology Integration into Two Social Studies Classrooms. *The social studies*, 107, 2, 68-73.
7. Hrytsenchuk, O. (2015). Development of information and communication competence of teacher in secondary education in the Netherlands: approaches, models, experience. *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, 49, 5, 71-81. (in Ukrainian).

8. Tsybulsky, D. & Levin, I. (2016). SAMR Framework for Study Technology Integration in Science Education. International Conference “New Perspectives in Science Education”, 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/292138851_SAMR_framework_for_Study_Technology_Integration_in_Science_Education.
9. National educational electronic platform. https://mon.gov.ua/storage/app/media/gromadske-obgovorennya/2018/02/15/BROSHURE_CONCEPT_E-BOOK.pdf. (in Ukrainian).
10. Streljnikov, V. Ju., & Britchenko, I. Gh. (2013). Modern teaching technologies in higher education institutions: a modular study guide for students of the author's course for teachers staff of MIPC PUET. Poltava: PUET. (in Ukrainian).
11. Semenikhina, O., Proshkin, V., & Drushlyak, M. (2019). Mathematical knowledge control automation within dynamic mathematics programs. E-learning. In Smyrnova-Trybulska E. (Ed.), E-learning and STEM Education (pp. 571-586). Katowice-Cieszyn.
12. Knjazeva, O. (2003). Implementation of cognitive and visual approach in teaching high school students the beginnings of mathematical analysis. Candidate's thesis. Omsk: Omsk State Pedagogical University. (in Russian).
13. Semenikhina, O., Drushlyak, M., Zigunova, I., & Budyanskiy, D. (2018). GeoGebra as means of improving the quality of education. In 14th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2018) (pp. 331-345). Kyiv. <http://ceur-ws.org/Vol-2105/10000331.pdf>
14. Semenikhina, O., & Drushlyak, M. (2015). Organization of Experimental Computing in Geogebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. European Journal of Contemporary Education, 11(1), 82-90.
15. Glotova, M., & Samohvalova, E. (2019). Bloom's digital taxonomy and model of digital transformation of education in the university educational process. Informatika i obrazovanie, 6 (305), 42-48 (in Russian).
16. Anderson, L., & Krathwohl, D. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of education objectives. New York: Addison Wesley Longman.