

УДК 378.147:[004.78:51]

Коваль Тамара Іванівна

доктор педагогічних наук, професор,
професор кафедри методики викладання іноземних мов й інформаційно-комунікаційних технологій
Київський національний лінгвістичний університет, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0003-3401-8754
tikoval11@gmail.com

Бесклінська Олена Петрівна

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри методики викладання іноземних мов й інформаційно-комунікаційних технологій
Київський національний лінгвістичний університет, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0003-4872-748X
elenabe27@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ОСВІТНІХ РЕСУРСІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Анотація. У статті розглядається використання засобів візуалізації для створення електронних ресурсів у процесі навчання математичних дисциплін у закладах вищої освіти. Особлива увага приділяється програмним засобам візуалізації математичних даних, які дозволяють представити числа, кількісні відношення, просторові об'єкти і процеси як абстрактні мультимедійні статичні або динамічні моделі, що імітують сутність предмета пізнання і на яких математичні дані можуть бути подані одночасно в комбінації різних форм: текстових, звукових, графічних, анімаційних, фото і відео. Встановлено, що при створенні електронних ресурсів для навчання математичних дисциплін з використанням засобів візуалізації навчального матеріалу доцільно дотримуватись таких основних принципів: когнітивної візуалізації, інформаційної насиченості, наочності, стиснення, повноти, цілісності сприйняття, достовірності, актуальності і точності математичних даних. Проведено аналіз програмних засобів візуалізації навчальних даних за такими характеристиками як вільно поширювальний програмний продукт, зручність і простота використання, багатий візуальний матеріал, інтеграція з системою управління навчанням Moodle і сервісами хмарних інформаційних технологій, зручність працювати на екранах будь-якого розміру: від смартфонів до комп'ютерів. Визначено спеціальне і загальне програмне забезпечення, що відповідає цим вимогам і застосування якого для наочного подання математичних даних дає змогу зробити складний навчальний матеріал зрозумілим і доступним для усвідомлення, представити його в організованому, компактному і концентрованому вигляді. Наведено приклади використання програмних засобів візуалізації математичних даних як спеціального (програма динамічної математики – GeoGebra), так і загального програмного забезпечення (MindMeister, Google таблиці, Screencast-o-matic, iSpring Suite, Draw.io Pro, RealTimeBoard, ThingLink) для створення мультимедійних моделей візуалізації математичних даних з використанням таких засобів, як таблиці, графіки, діаграми, інтелект-карти, навчальні фільми, інфографіка, мультимедійні презентації та інтерактивні плакати.

Ключові слова: електронні освітні ресурси; програмні засоби візуалізації математичних даних; програми динамічної математики; заклади вищої освіти.

1. ВСТУП

Потік інформації, що постійно зростає і надходить до сучасної людини, інформаційна насиченість сучасного світу актуалізують візуальний спосіб подання даних, який дозволяє представити великий їх обсяг в організованому, компактному і концентрованому вигляді. Подання даних у зручному для перегляду та засвоєння

вигляді допомагає спростити їх сприйняття, розуміння і запам'ятовування, створити наочні електронні освітні ресурси (ЕОР), які будуть зрозумілими, легкодоступними та легкозасвоюваними.

У Положенні про електронні освітні ресурси Міністерства освіти і науки України визначено, що *електронні освітні ресурси* є засобами навчання, які розміщені на цифрових носіях будь-якого типу або в інформаційно-телекомунікаційних системах, відтворюються за допомогою електронних технічних засобів і застосовуються в освітньому процесі. У цьому документі також наголошується, що метою створення ЕОР є забезпечення модернізації освітнього процесу, змістове наповнення освітнього простору, надання рівного доступу учасникам освітнього процесу незалежно від місця їх проживання та форми навчання відповідно до якісних навчальних і методичних матеріалів, створених на основі інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) [1].

Процес навчання майбутніх фахівців у закладах вищої освіти (ЗВО) математичним дисциплінам, зокрема таким як «Вища математика», «Теорія ймовірностей та математична статистика» та інші, має ряд особливостей, а саме: наявність теоретичної структури кожної дисципліни; розуміння, що математика побудована за законами логіки й тому вимагає відповідно чіткого логічного мислення, що розвивається в процесі вивчення математичних дисциплін; глибоке розуміння матеріалу математичних дисциплін обумовлюється їх практичним спрямуванням, через яке відбувається осмислення, усвідомлення теоретичних знань, професійна спрямованість тощо [2]. Тому на сьогодні найпоширенішими формами організації навчання математичним дисциплінам залишається лекція, яка зазнала певної модернізації і на якій викладач найчастіше подає навчальний матеріал з використанням пояснювально-ілюстративного методу й мультимедійних технологій.

Зі створенням у ЗВО інформаційно-освітніх середовищ на базі систем управління навчанням, зокрема Moodle, особливу увагу викладачі математичних дисциплін також приділяють самостійній роботі студентів, створюючи в таких середовищах ЕОР (відеолекції, мультимедійні лекції, електронні навчальні курси, електронні посібники тощо) з метою унаочнення і візуалізації математичних даних, представлених у вигляді чисел, кількісних відношень і просторових форм [3]. Організація самостійної роботи з використанням ІКТ підвищує мотивацію, активність і самостійність студентів, розвиває в них здатність самостійно отримувати знання.

При створенні ЕОР для навчання математичним дисциплінам з використанням засобів візуалізації навчального матеріалу доцільно дотримуватися таких основних принципів:

- *когнітивної візуалізації*, що сприяє формуванню математичних понять, розвитку критичного і творчого мислення суб'єктів освітнього процесу [4];
- *інформаційної насиченості* математичних даних, що передбачає компактне подання навчального матеріалу, щоб у візуально доступному для сприйняття вигляді надати студентам основні або необхідні відомості, які будуть зрозумілими, легкодоступними та легкозасвоюваними;
- *наочності* математичних даних, що підвищує ефективність заняття зі студентами, допомагає подолати формалізм у навчанні, сприяє розвитку в них активності, творчої пізнавальної діяльності, самостійності;
- *стиснення* («ущільнення», «згортання») математичних даних як процес реконструкції знань, щоб складне і незрозуміле зробити простим і зрозумілим, громіздке – компактным, тривале – лаконічним, фрагментарне – цілим [5];
- *повноти* математичних даних, що характеризує їх якість і визначає достатність даних для прийняття рішень;

- *цілісності* сприйняття математичних даних, поданих у певній формі, які завжди сприймаються як цілісне в єдності всіх якостей і ознак, що виникає умовнорефлекторно через існуючий попередній зв'язок між зоровими, слуховими, тактильними подразниками, які надходять від об'єктів;
- *достовірності* і *актуальності* математичних даних, які мають відображати реальні об'єкти з необхідною точністю в постійно змінюваних умовах;
- *точності* математичних даних, що визначає ступінь їх подібності до реального стану об'єкта, процесу, явища тощо.

А.О. Вербицький, вважає, що «процес візуалізації – це згортання розумового змісту в наочний образ; будучи сприйнятим, образ може бути розгорнутий і слугувати опорою адекватних розумових і практичних дій» [6]. Проте найголовнішим для навчання математичних дисциплін є те, що візуалізація математичних даних стимулює студентів до узагальнення, уточнення сприйманих образів, забезпечує повноту і цілісність їх сприйняття.

Предметом нашого дослідження є використання програмних засобів візуалізації даних для створення електронних освітніх ресурсів у процесі навчання математичних дисциплін у закладах вищої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На думку А. Г. Рапуто, візуалізація даних – це будь-який спосіб забезпечення спостережуваної реальності, а результат візуалізації або візуальна модель – будь-яка конструкція, що сприймається візуально й імітує сутність об'єкта пізнання [7].

За класифікацією Г. К. Селевко, педагогічну технологію з використанням візуалізації зараховують до технології концентрованої навчання [8]. Тому до функцій візуалізації даних науковці відносять: *компактне подання навчального матеріалу*, що дає змогу підвищити інформаційну насиченість освітнього процесу; *концентроване подання навчального матеріалу* в осяжному вигляді зі збереженням його семантичної повноти; *сприяння зменшенню витрат часу та енергії* того, хто навчається, на сприйняття й розуміння великого за обсягом навчального матеріалу; *підтримка високого темпу навчання* за рахунок скорочення його неефективних або низькоефективних фаз; *сприяння раціональній організації навчально-пізнавальної діяльності студентів* за рахунок її структурування й алгоритмізації [9].

Упродовж останніх років засоби візуалізації перетворились із інструментів вирішення різного роду завдань на потужний апарат дослідження суспільних явищ та технічних проблем. Вони з успіхом використовуються в таких галузях, як системний аналіз, автоматизація проектування, організація роботи обчислювальних засобів та комп'ютерних мереж [10].

Комп'ютерними засобами візуалізації О.В. Семеніхіна вважає комп'ютерні програми, у яких розробниками передбачені можливості візуального представлення на екрані абстрактних математичних об'єктів або процесів, їх моделей у компактній формі (за необхідності в різних ракурсах), у деталях (з можливістю демонстрації внутрішніх взаємозв'язків складових частин, також і прихованих у реальному світі) і, що особливо важливо, у розвитку (в тимчасовому і просторовому русі) [11].

Крім того, засоби візуалізації даних учені поділяють на технічні засоби візуалізації (комп'ютер, планшет, інтерактивна дошка, мультимедійний проектор, мережа Інтернет та ін.) і програмні засоби візуалізації даних, які дозволяють створювати ЕОР у вигляді різних об'єктів, моделей і форм. Серед програмних засобів учені виділяють програмні засоби математичного призначення і програмні засоби загального призначення [12], які змушують сучасних викладачів математичних дисциплін переосмислити використання ІКТ в освітньому процесі.

Д. Поспелов вважає, що створення мультимедійних моделей представлення знань повинно давати можливість робити зображення моделей як об'єктів для логічного мислення, а також як образів мультимедійних картин, якими оперує образне мислення [13]. Тому, на нашу думку, *програмні засоби візуалізації математичних даних* – це програмне забезпечення, яке дозволяє представити числа, кількісні відношення, просторові об'єкти і процеси в організованому, компактному і концентрованому вигляді як абстрактні мультимедійні статичні або динамічні моделі, що імітують сутність предмета пізнання і на яких математичні дані можуть бути подані одночасно в комбінації різних форм: текстових, звукових, графічних, анімаційних, фото і відео.

Метою статті є розкриття шляхів використання програмних засобів візуалізації в процесі створення електронних освітніх ресурсів з математичних дисциплін, що вивчаються у ЗВО.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теоретико-методологічною основою дослідження виступають:

- інформаційно-комунікаційні технології в освіті, зокрема теоретико-методологічні засади створення ЕОР (В. Ю. Биков [14], О. Г. Глазунова [15], А. М. Гуржій і В. В. Лапінський [16], М. І. Жалдак [17], С. Г. Литвинова [18], Ю. В. Триус [19] та ін.);
- концептуальні основи використання технологій візуалізації в освітньому процесі (Л. І. Білоусова і Н. В. Житеньова [9], О. В. Семеніхіна [4], [11], А. Г. Рапуто [7] та ін.);
- застосування програмних засобів візуалізації математичних даних в освітньому процесі (Д. С. Безуглий [20], О. О. Гриб'юк [21], О. Семеніхіна і Н. Білошапка [12], Г. А. Нікулова [22], С. О. Семеріков і К. І. Словак [23], Річард С. Палайс (Richard S. Palais) [24], Льюїс Чоу (Lewis Chou) [25], Д. Х. Кленентс (D. H. Clenents) [26] та ін.).

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Серед програмних засобів візуалізації математичних даних можна вирізнити *спеціальне і загальне програмне забезпечення*. *Спеціальне програмне забезпечення* дозволяє створювати мультимедійні моделі візуалізації математичних даних. До нього належать *програми динамічної математики* (GeoGebra, Математичний конструктор, Жива математика, Cabri, DG, Creately, GRAN та ін.) та *системи комп'ютерної математики*, які дозволяють автоматизувати виконання як числових, так і символічних обчислень (MathCad, MatLab, Maple, Mathematica, Maxima, Sage та ін.) [11].

До *загального програмного забезпечення*, яке використовується в процесі створення ЕОР, можна зарахувати цілу низку сучасних програмних засобів візуалізації даних. Наприклад, для створення таблиць, графіків, діаграм і структурно логічних схем найчастіше використовуються такі пакети програм, як MS Office, Google таблиці, Office 365 та ін.

Створювати інтелект-карти можна за допомогою таких програмних засобів, як XMind (<http://www.xmind.net/>), MindMeister (<https://www.mindmeister.com/ru>), MindMupПосилання (<https://www.mindmup.com/>), MindJet Mindmanager (<http://www.mindjet.com/ru>), iMind Map (<https://imindmap.com/>) та ін.

Найпоширенішими програмними продуктами для створення скрінкастів на сьогодні є Screencast-o-matic (<https://freesoft.ru/windows/screencastomatic>), Movenote

(Movenote.com) і програма для запису екрана мобільного пристрою Mobizen Screen Recorder (<https://mobizen.ru.uptodown.com/android/download>) та ін.

Існує багато різних сервісів у мережі Інтернет для створення інфографіки, зокрема Draw.io Pro (<https://www.draw.io>), Piktochart (<https://piktochart.com/>), Easel.ly (<https://www.easel.ly/>), Visual.ly (<https://visual.ly/>), Cacoо (<https://cacoо.com>).

Навчальні фільми можна створювати за допомогою таких програмних засобів, як iSpring Suite (www.ispring.ru/ispring-suite), GoAnimate, SparkolPro, PowToon, Moovly, Plotagon (www.quality-assurance-group.com/5-program-stvoryty-video-prezentatsiyu/).

До програмних засобів створення мультимедійних презентації можна зарахувати MS PowerPoint, Apache OpenOffice Impress (openoffice-ru.ru/impress.html), Google Presentations (www.google.com/intl/ru_uA/slides/about/), Prezi.com (prezi.com/) та ін.

Стосовно створення інтерактивних віртуальних плакатів і дошок, варто зазначити зручні мережні ресурси ThingLink (<https://www.thinglink.com/edu>), Padlet (ru.padlet.com), WikiWall (<http://wikiwall.ru/>), Glogster (<http://edu.glogster.com/>) та ін.

На основі проведеного аналізу зазначеного вище програмного забезпечення за такими характеристиками, як *вільно поширювальний програмний продукт, зручність і простота використання, багатий візуальний матеріал, інтеграція з системою управління навчанням Moodle і сервісами хмарних ІКТ, зручність працювати на екранах будь-якого розміру: від смартфонів до комп'ютерів*, на наш погляд, за доцільне можна рекомендувати викладачам ЗВО використовувати в освітньому процесі програму динамічної математики GeoGebra та таке загальне програмне забезпечення, як MindMeister, Google таблиці, Office 365, Screencast-o-matic, iSpring Suite, Draw.io Pro, RealTimeBoard, ThingLink для створення таблиць, графіків, діаграм, інтелект-карт, навчальних фільмів, інфографіки, мультимедійних презентацій та інтерактивних плакатів. Розглянемо їх детальніше.

GeoGebra (<https://www.geogebra.org>) – це вільно поширюваний програмний сервіс створення динамічної математики, який дає можливість створювати «живі креслення» у геометрії, алгебрі, теорії ймовірності та статистиці. На рис. 1 представлено дослідження розподілу Пуассона в сервісі GeoGebra. Використання GeoGebra в освітньому процесі допомагає студентам розвиватися, вчитися досліджувати і практично застосовувати математичні методи, вишукувати нові знання та свідомо їх засвоювати.

Програмний сервіс GeoGebra надає безкоштовне програмне забезпечення – пакет динамічної математики і сприяє створенню нових навчальних матеріалів для студентів та викладачів.

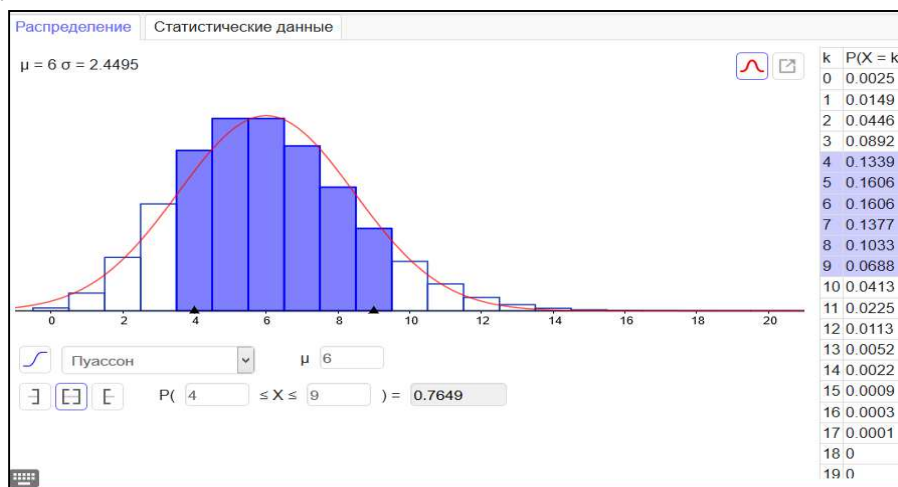


Рис. 1. Дослідження розподілу Пуассона у сервісі GeoGebra

У GeoGebra передбачена робота з «бігунком» як змінним параметром, на який можна накласти певні умови і вибір значень якого може бути «автоматично» випадковим. Саме це відрізняє сервіс GeoGebra від інших програм для побудови графіків, оскільки в його основу покладено ідею візуалізації експериментальних випробувань на базі побудови різного виду кривих.

Для моделювання купівельного попиту використовуються функції попиту. Графіки цих функцій можна будувати за допомогою сервісу GeoGebra, а саме функцій Торнквіста, за допомогою яких можна визначити соціальний пласт, що максимізує різницю між приростом прибутку від збуту продукції та витратами на рекламну кампанію. При дослідженні попиту у середовищі GeoGebra використовуються «бігунки» для зміни значень рівнів прибутку і насичення (рис. 2).

Льюїс Чоу (Lewis Chou) розглядає вивчення інтерактивних візуальних уявлень абстрактних даних як інформаційну візуалізацію. Такі гістограми, графіки трендів, діаграми потоків та діаграми дерев належать до візуалізації інформації, і їх дизайн перетворює абстрактні поняття у візуальну інформацію, що посилюють процеси пізнання людини [25]. На рис. 3 представлено приклад виконання завдання з математичної статистики з використанням Google таблиць.

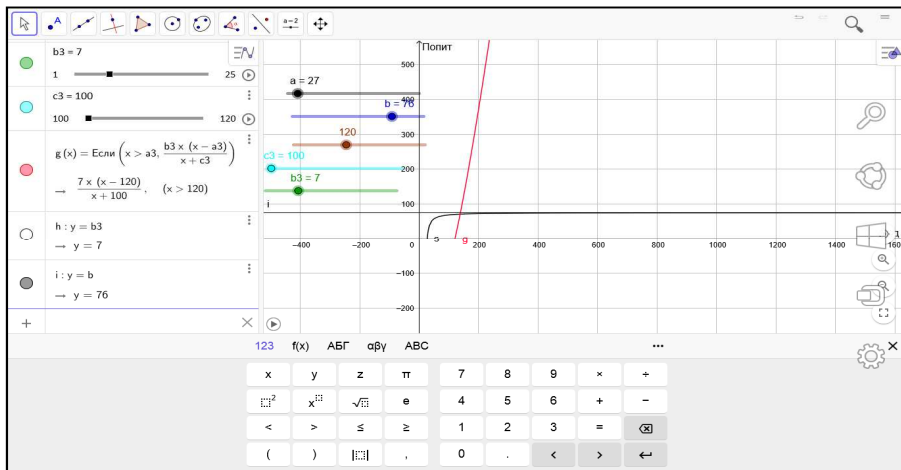


Рис. 2. Побудова кривих функцій Торнквіста у сервісі GeoGebra

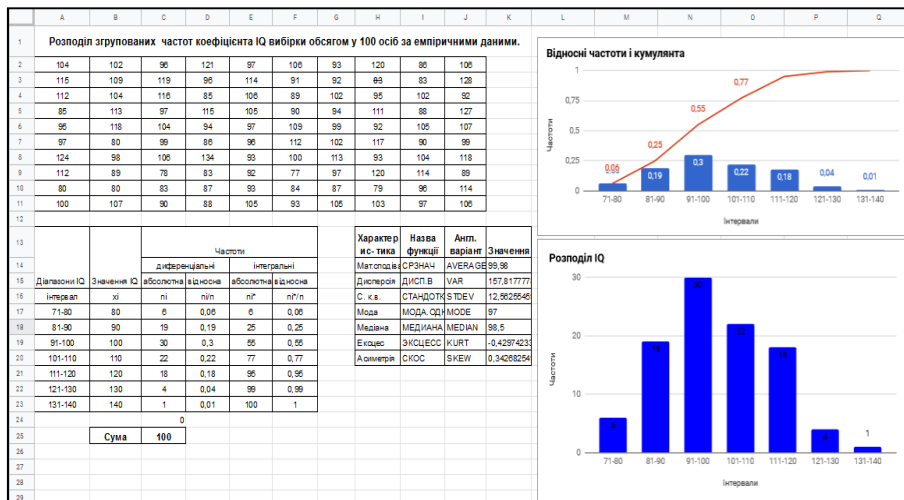


Рис. 3. Приклад виконання завдання з математичної статистики з використанням Google таблиць

Одним із перспективних шляхів візуалізації навчальних даних є подання їх у вигляді **інтелект-карти (mind map)**. У сучасних дослідженнях немає єдиного загальноприйнятого значення поняття «інтелект-карта». Насамперед це пов'язано з особливостями перекладу словосполучення «Mind map» з англійської мови, що має такі еквіваленти в українській мові: «інтелектуальні карти», «ментальні карти», «схеми мислення», «діаграми зв'язків», «карти розуму», «карти уявлень», «карти знань», «карти пам'яті», «асоціативні карти».

Інтелект-карта – це схема, яка візуалізує певні дані при їх обробці людиною, це спосіб зображення процесу загального системного мислення за допомогою структурно-логічних схем радіальної організації [27]. Вона реалізується у вигляді діаграми, на якій зображені слова, ідеї, завдання або інші поняття, зв'язані гілками, що відходять від центрального поняття або ідеї. За допомогою складених за певними правилами карт можна створювати, візуалізувати, структурувати і класифікувати ідеї та наочно представляти досить складні концепції і великі обсяги інформації.

На рис. 4 представлено інтелект-карту, створену з використанням програмного засобу MindMeister, яка демонструє змістові модулі та основні теми навчальної дисципліни «Вища математика».

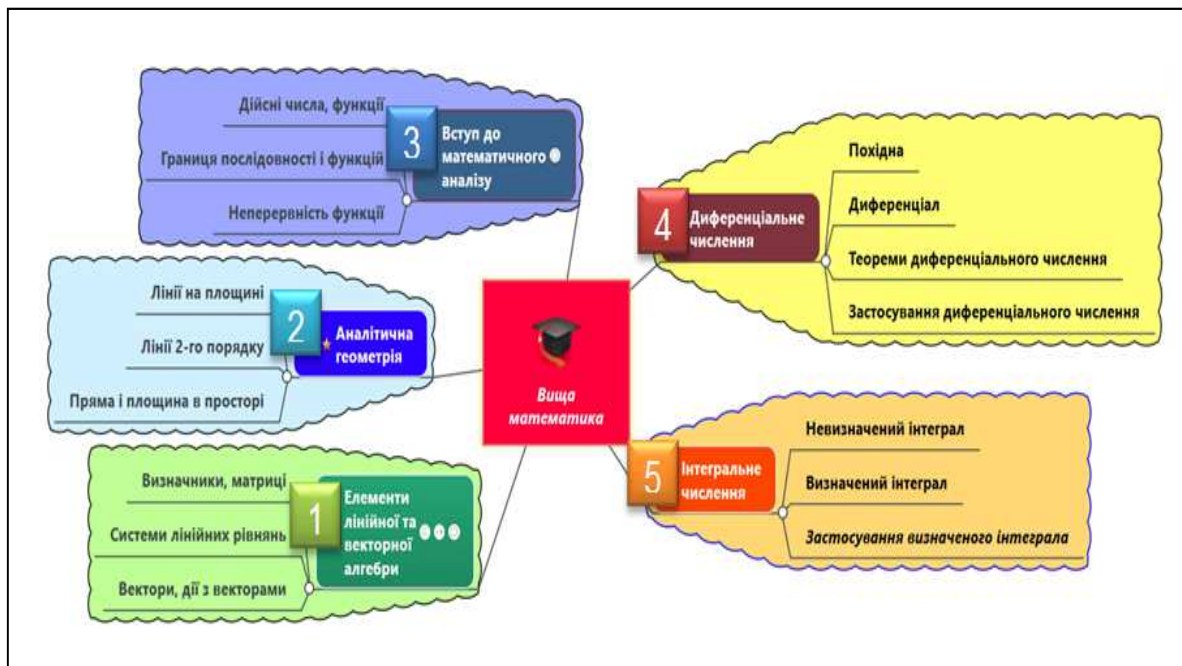


Рис.4. Інтелект-карта, створена з використанням програмного засобу MindMeister

Серед зазначених програмних і веборієнтованих сервісів, які дозволяють створювати **скрінкасти (screencasts)** слід виділити Screencast-o-matic (<http://www.screencast-o-matic.com>). Цей сервіс дає можливість записувати скрінкасти безпосередньо з сайту, без встановлення сторонніх програм (рис. 5).

Отримане відео можна відразу завантажувати на YouTube і отримувати посилання для перегляду. Відеофайл може бути експортований і на комп'ютер у форматі MP4, AVI або FLV (flash-відео). Сервіс підтримує одночасний запис з екрану та вебкамери. Обмеження сервісу – це максимальна тривалість одного запису (15 хвилин).

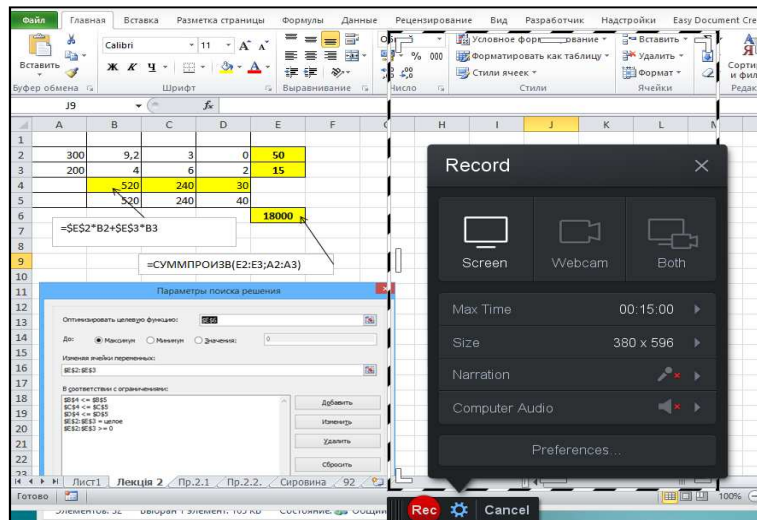


Рис.5. Приклад запису інструкції до розв'язання задачі лінійного програмування у пакеті Excel за допомогою програми Screencast-o-matic

Ще один напрямок застосування мультимедійних засобів візуалізації даних – це створення **навчальних фільмів (educational films)** за допомогою програм запису відео з екрану комп'ютера або мобільного пристрою. Цікавим є сервіс iSpring Suite (www.ispring.ru/ispring-suite). Ця програма вирізняється своєю простотою та зрозумілістю. За її допомогою слушно записувати інструкції, фрагменти лекцій, огляди роботи навчальних програм, наводити і коментувати зразки до виконання завдань, демонструючи роботу на екрані комп'ютера та супроводжуючи її голосовими коментарями.

Програма iSpring Suite розширює функціональні можливості програми PowerPoint. Основними можливостями програми є запис екрану комп'ютера для створення навчального відео; об'єднання слайдів презентацій; розробка і оформлення тестів і опитувань; створення діалогів; синхронізація аудіо і відео файлів; створення інтерактивних довідників. Програма додається у PowerPoint окремою вкладкою (рис. 6).

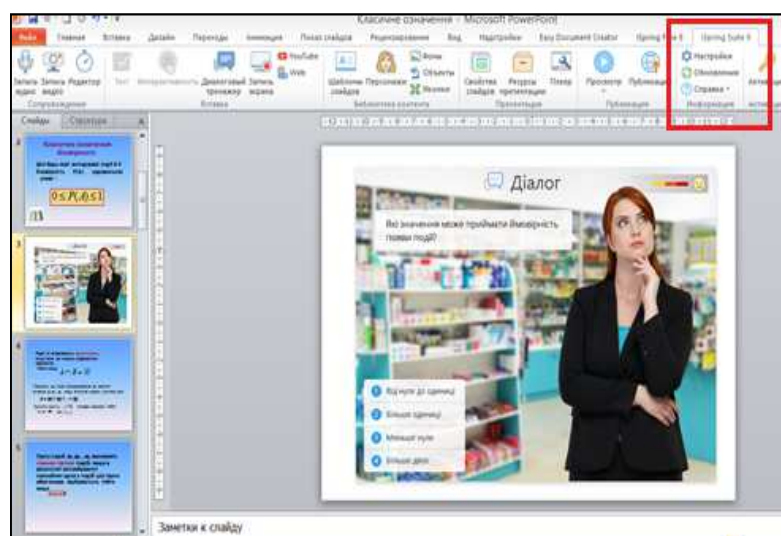


Рис.6. Вкладка iSpring Suite у PowerPoint

Інфографіка (англ. infographics) – це графічне візуальне подання даних або знань, створення моделей подання даних у зручному для перегляду та засвоєння вигляді, що допомагає правильно їх організувати, спростити сприйняття. За його допомогою, використовуючи графічні матеріали для того, щоб підвищити можливості зорової системи людини бачити моделі і процеси, можна покращити сприйняття даних.

Про актуальність цього напрямку свідчить ряд масових online відкритих курсів на платформі Coursera «Візуалізація даних», Knight Center for Journalism «Вступ до інфографіки та візуалізації даних», освітньому порталі Linda.com та ін.

На думку Г. А. Нікулової, інфографіка за характером візуалізації типових даних поділяється на дві великі групи: *кількісна* – графіки, діаграми, номограми, які, своєю чергою, поділяються на підгрупи (точкові, лінійні кругові і т. п.); *якісна* – схеми, карти, зображення та їх різні послідовності; ментальні карти знань, процесів і сутностей; діаграми; схеми; малюнки; графи [22].

Одним із найзручніших і найпростіших безкоштовних ресурсів для створення інфографіки є Draw.io Pro ресурс, що входить до додатків Google. На сайті доступні різноманітні шаблони структур і форм. Draw.io також можна використовувати для створення графіків і UML-моделей. Підтримується функція експорту готових схем, а також опція синхронізації з Google Диском. Завдяки можливості приєднати його до особистого Google-акаунту є можливість швидкого пошуку потрібних іконок або фонів, вибору мови інтерфейсу. За допомогою інфографіки можна створювати довідникові матеріали з різних тем математичних дисциплін (рис. 7).

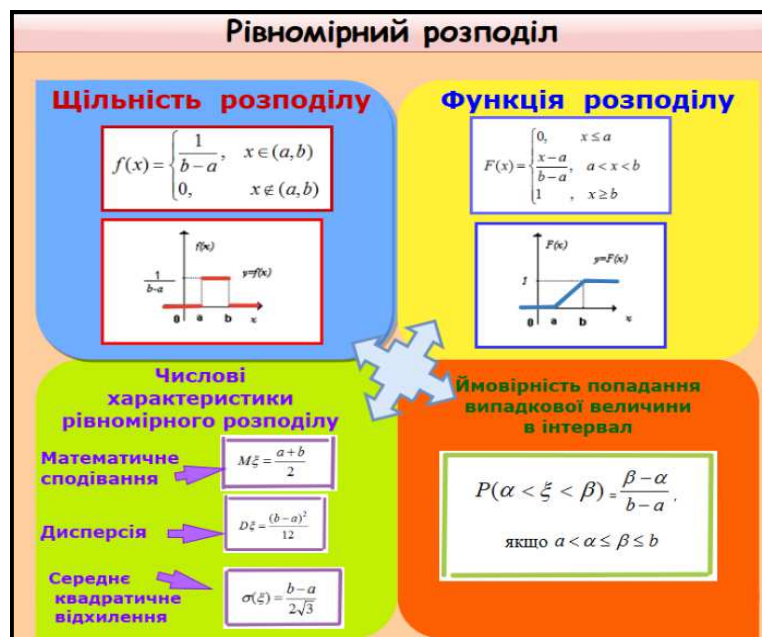


Рис. 7. Інфографіка, створена із використанням сервісу Draw.io Pro

Мультимедійні презентації – це набір слайдів, де можуть розміщуватися текст, графічні об'єкти, рисунки тощо. Презентація може містити звук, відео та анімацію (рис. 8). Мультимедійні ефекти презентації дають змогу зосередити увагу слухачів на головному і сприяють кращому запам'ятовуванню навчального матеріалу. Найзручнішими і найдоступнішими для викладачів ЗВО щодо створення мультимедійних презентацій, на наш погляд, є програмні засоби Apache OpenOffice Impress і Google Presentations.

На сьогодні лекції у ЗВО проводяться переважно з використанням мультимедійних презентацій з поєднанням живого спілкування лектора з аудиторією.

Під час пояснення навчального матеріалу можна також використати графічні дані і відеофрагменти з метою стимулювання пізнавального інтересу та мотивації до навчання, комп'ютерні навчальні середовища для ілюстрації явищ, законів, що вивчаються, тощо.

У презентації можна використовувати різноманітні спецефекти, які привертають увагу студентів та надають можливість зробити наголоси на найсуттєвіших моментах пояснення.



Рис. 8. Фрагмент презентації лекції з демонстрацією відео

Для того щоб студенти не шукали потрібну інформацію на різних сайтах, мультимедійні освітні продукти з певної тематики зручно зібрати в одному місці. На допомогу приходять сервіси, які допомагають розмістити мультимедійні дані на одній онлайн дошці або стіні.

Інтерактивні онлайн дошки або стіни з'явилися у 2006 – 2007 рр. і зараз продовжують набувати популярності в педагогів. Інтерактивна онлайн дошка (стіна) – це інструмент для навчання, завдяки якому можливе поєднання тексту, зображення, відео, аудіо в інтерактивній формі.

Серед найпоширеніших програмних продуктів для інтерактивних дошок на сьогодні є RealTimeBoard, який використовують для розробки ЕОР, управління проектами, проведення мозкових штурмів, організації освітніх курсів тощо. RealTimeBoard відмінно підходить для спільної роботи. Система коментарів – мінічатів дозволяє залишати нотатки біля будь-якого елемента. Так дуже зручно обговорювати певні модулі та завдання. Завдяки інтеграції з Google Drive можна зручно і наочно працювати з документами та редагувати їх. Результат роботи можна зберегти у вигляді картинки або PDF файлу. Так само реалізована функція збереження дошки у вигляді презентації. Приклад, дошки RealTimeBoard для навчальної дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» подано на рис. 9.

Інтерактивний плакат – це електронний навчальний плакат, що має інтерактивну навігацію, яка дозволяє відобразити необхідні дані у вигляді графіків, тексту, звуку. Порівняно зі звичайними поліграфічними плакатами чи електронними плакатами, інтерактивні електронні плакати є сучасним багатофункціональним засобом навчання і надають більш широкі можливості для організації освітнього процесу. Інтерактивні

плакати перш за все можна використовувати для вивчення нового матеріалу на лекції, хоча їх можна також використовувати й у процесі повторення та закріплення вивченого матеріалу [18].

На інтерактивних плакатах можна розмістити важливі дані, що поєднують математику та її застосування у розв'язанні прикладних завдань. Сервіс перетворює звичайні картинку на інтерактивні об'єкти. Інтерактивність зображення досягається за рахунок додавання в нього позначок з текстовими підказками, посиланнями на відео, сайти, тексти, презентації та інше. Такий інтерактивний плакат можна вбудувати у свій сайт або блог, а також у будь-який момент його можна відредагувати і він автоматично відновиться.



Рис. 9. Приклад дошки RealTimeBoard для навчальної дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика»

Для забезпечення міжпредметних зв'язків у навчанні математичних дисциплін пропонується студентам інтерактивний плакат, створений у сервісі ThingLink. Перші пункти посилань **A** і **B** використовуються при вивченні дисципліни «Вища математика» при поясненні теми «Поняття функції. Класифікація функцій».

A – посилання на біографію Карла Гаусса у Вікіпедії;

B – посилання на пакет GeoGebra, де відбувається побудова графіків нормального розподілу з різними значеннями математичного сподівання та середнього квадратичного відхилення.

Пункти **C** і **D** розглядаються у дисципліні «Теорія ймовірностей і математична статистика» при опрацюванні теми «Основні розподіли випадкових величин».

C – посилання на сервіс GeoGebra, де обчислюється ймовірність попадання випадкової величини в заданий інтервал;

D – будується графік функції Лапласа.

Далі у дисципліні «Оптимізаційні методи і моделі» ще раз нагадуємо попередні посилання і розглядаємо пункт **E** – відео в YouTube, де демонструється застосування нормального розподілу в професійній діяльності.

Інтерактивні плакати, створені в сервісі ThingLink зручні тим, що з часом можна додавати посилання на нові цікаві об'єкти (рис. 10). До цієї роботи можна залучати студентів.

Нормальний розподіл (розподіл Гаусса)

Означення Випадкова величина ξ має нормальний розподіл з параметрами m і σ , якщо **щільність** розподілу має вигляд:

А Йоганн Карл Фрідріх Гаусс (1777-1855)

Б Крива Гаусса

В $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$
де $x \in (-\infty; +\infty)$

Г Ймовірність попадання у проміжок $(\alpha; \beta)$ випадкової величини ξ :

Д $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ функція Лапласа

Е Основні числові характеристики нормального розподілу:
 $M\xi = m, D\xi = \sigma^2, \sigma(\xi) = \sigma$

Сделано с помощью thinglink..
УЗНАТЬ БОЛЬШЕ >

Рис. 10. Приклад інтерактивного плакату, створеного у сервісі ThingLink

Наведені приклади застосування програмних засобів візуалізації математичних даних як спеціального, так і загального програмного забезпечення для створення мультимедійних моделей математичних даних з використанням таких засобів, як таблиці, графіки, діаграми, інтелект-карти, навчальні фільми, інфографіка, мультимедійні презентації та інтерактивні плакати, допоможуть викладачам математичних дисциплін активізувати пізнавальну діяльність студентів, підвищити мотивацію до вивчення математичних дисциплін і цим підвищити якість їх навчання.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах інформатизації всіх сфер діяльності людини, стрімкого розвитку ІКТ та інтенсивного їх впровадження в освітній процес ЗВО, створення ЕОР математичних дисциплін з використанням програмних засобів візуалізації даних забезпечує їх подання у згорнутій і наочній формі, яка є зручною для сприйняття і розуміння, більш глибокого осмислення, узагальнення й ефективного сприйняття людиною

Визначено, що програмні засоби візуалізації математичних даних – це програмне забезпечення, яке дозволяє представити числа, кількісні відношення, просторові об'єкти і процеси в організованому, компактному і концентрованому вигляді як абстрактні мультимедійні статичні або динамічні моделі, що імітують сутність предмета пізнання і на яких математичні дані можуть бути подані одночасно в комбінації різних форм: текстових, звукових, графічних, анімаційних, фото і відео. Встановлено, що при створенні електронних навчальних ресурсів для навчання

математичним дисциплінам з використанням засобів візуалізації навчального матеріалу доцільно дотримуватися таких основних принципів: когнітивної візуалізації, інформаційної насиченості, наочності, стиснення, повноти, цілісності сприйняття, достовірності, актуальності й точності математичних даних.

Проведено аналіз програмного забезпечення візуалізації математичних даних за такими характеристиками, як вільно поширювальний програмний продукт, зручність і простота використання, багатий візуальний матеріал, інтеграція з системою управління навчанням Moodle і сервісами хмарних ІКТ, зручність працювати на екранах будь-якого розміру від смартфонів до комп'ютерів. Серед ряду програмних засобів візуалізації даних, які дозволяють представити великий обсяг навчального матеріалу з використанням ІКТ, вирішено для створення ЕОР математичних дисциплін програму динамічної математики GeoGebra та загальне програмне забезпечення візуалізації даних, як-от MindMeister, Google таблиці, Office 365, Screencast-o-matic, iSpring Suite, Draw.io Pro, RealTimeBoard, ThingLink, що дозволяє створювати таблиці, графіки, діаграми, інтелект-карти, навчальні фільми, інфографіку, мультимедійні презентації та інтерактивні плакати.

Подальшого дослідження потребує створення електронних посібників з математичних дисциплін у середовищі системи управління навчанням Moodle з використанням програмних засобів візуалізації математичних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. (2012, жовтень 01). *Наказ №1060, Про затвердження Положення про електронні освітні ресурси*. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12#n13>
- [2] Ю. А. Галайко, «Психолого-педагогічні передумови навчання математичним дисциплінам студентів менеджерських спеціальностей». *Дидактика математики: проблеми і дослідження*. Донецьк: Фірма ТЕАН, вип. 23, с. 35-39, 2005.
- [3] А. М. Аврамчук, та О. А. Щербина, «Створення відеолекцій за допомогою модуля Rich Media», на *1-ій Всеукраїнській науково-практичній конференції MoodleMoot Ukraine 2013*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://2013.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=51>
- [4] О. В. Семеніхіна, *Професійна готовність майбутнього вчителя математики до використання програм динамічної математики: теоретико-методичні аспекти*. Суми, Україна: ВВП Мрія, 2016.
- [5] С. Ф. Клепко, *Інтегративна освіта і поліморфізм знання*. Київ-Полтава-Харків, Україна: ПОПОПП, 1998.
- [6] А. А. Вербицкий, *Активное обучение в высшей школе: контекстный подход*. Москва, Россия: Высш. школа, 1991.
- [7] А. Г. Рапуто, «Визуализация как неотъемлемая составляющая процесса обучения преподавателей», *Международный журнал экспериментального образования*, №5, с. 138-141, 2010.
- [8] Г. К. Селевко, *Современные образовательные технологии*. Москва, Россия: Народное образование, 1998.
- [9] Л. І. Білоусова, та Н. В. Житеньова, «Функціональний підхід до використання технологій візуалізації для інтенсифікації навчального процесу», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 57, №1, с. 38-49, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2017_57_1_6
- [10] Г. П. Галузинський, та І. В. Гордієнко, *Сучасні технологічні засоби обробки інформації*. Київ, Україна: КНЕУ, 1998.
- [11] О. В. Семеніхіна, «Теорія і практика формування професійної готовності майбутніх учителів математики до використання засобів комп'ютерної візуалізації математичних знань», дис. докт. пед. наук, Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, Суми, 2017.
- [12] Олена Семеніхіна, та Наталія Білошапка. «Про використання вчителями математики засобів комп'ютерної візуалізації», *Гуманізація навчально-виховного процесу*, № 1 (87), с. 289-301,

- 2018.
- [13] Д. А. Поспелов, *Искусственный интеллект. Справочник. Книга 2. Модели и методы*. Москва, Россия: Радио и связь, 1990.
- [14] В. Ю. Биков, «Теоретико-методологічні засади створення і розвитку сучасних засобів та е-технологій навчання», *Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992-2002, Збірник наукових праць до 10 – річчя АПН України*, Харків, Україна: ОВС, ч. 2, с. 182-199, 2002.
- [15] О. Г. Глазунова, «Теоретико-методичні аспекти використання навчального відеоконтенту у підготовці майбутніх фахівців з інформаційних технологій», *Нові технології навчання*, № 80, с. 91-98, 2014.
- [16] А. М. Гуржій, та В. В. Лапінський, «Теоретичні засади і практика створювання і використання електронних освітніх ресурсів», на *Науково-практичній Інтернет-конференції Інформаційне суспільство XXI століття: культура, освіта, цивілізація*, Полтава, Україна, рр. 6-13, 2014.
- [17] М. І. Жалдак, та Н. М. Кузьміна, С. Ю. Берлінська. *Теорія ймовірностей і математична статистика з елементами інформаційної технології*, Київ, Україна: Вища школа, 1996.
- [18] С. Литвинова, та М. Мамута, О. Рибалко, «Моделювання інтерактивних електронних плакатів», *Фізико-математична освіта*, вип. 4(18), с. 96-100, 2018.
- [19] Ю. В. Триус, «Інноваційні інформаційні технології у навчанні математичних дисциплін», *Інформатизація вищого навчального закладу*, Львів: Видавництво Львівської політехніки, №731, с. 76-81, 2012.
- [20] Д. С. Безуглий, «Технологія створення електронного підручника із вбудованими інтерактивними аплетами», *Фізико-математична освіта*, вип. 2(8), с. 23–28, 2016.
- [21] О. О. Гриб'юк, та В. Л. Юнчик, «Система динамічної математики GeoGebra як засіб активізації дослідницької діяльності учнів», *Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи*, вип. 4. ч.1, с.163-167, 2015.
- [22] Г. А. Никулова, та А. В. Подобных, «Средства визуальной коммуникации – инфографика и метадизайн». *Образовательные технологии и общество. Восточно-Европейская секция*, т.13, №2, 2010. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://readera.org/sredstva-vizualnoj-kommunikacii-infografika-i-metadizajn-14062276>
- [23] С. О. Семеріков, та К.І. Словак, «Теорія та методика застосування мобільних математичних середовищ у процесі навчання вищої математики студентів економічних спеціальностей». *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 21, № 1, 2011. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/413>
- [24] Richard S. Palais, «The Visualization of Mathematics: Towards a Mathematical Exploratorium», *Notices of the American Mathematical Society*, vol. 46 (6), pp. 647–658, 1999.
- [25] Lewis Chou, *9 Data Visualization Tools That You Cannot Miss in 2019*. [Електронний ресурс] Доступно: <https://towardsdatascience.com/9-data-visualization-tools-that-you-cannot-miss-in-2019-3ff23222a927>
- [26] D. H. Clenents, and S. McMillen, «Rethinking Concrete Manipulatives. Teaching Children Mathematics», *National Council of Teachers of Mathematics*, vol. 2 (5), pp. 270-279, 1996.
- [27] T. Buzzen, and B. Buszen, *The Mind Map Book*. [Електронний ресурс]. Доступно: https://royallib.com/book/byuzen_toni/supermishlenie.html

Матеріал надійшов до редакції 24.09.2019р.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ВУЗАХ

Коваль Тамара Ивановна

доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры методики преподавания иностранных языков и информационно-коммуникационных технологий

Киевский национальный лингвистический университет, г. Киев, Украина

ORCID ID 0000-0003-3401-8754

tikoval11@gmail.com

Бесклинская Елена Петровна

кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры методики преподавания иностранных языков и информационно-коммуникационных технологий

Киевский национальный лингвистический университет, г. Киев, Украина

ORCID ID 0000-0003-4872-748X

elenabe27@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются средства визуализации математических данных, которые используются в процессе создания электронных ресурсов для обучения математическим дисциплинам в вузах. Особое внимание уделяется программным средствам визуализации математических данных, которые позволяют представить числа, количественные отношения, пространственные объекты и процессы как абстрактные мультимедийные статические или динамические модели, имитирующие сущность предмета познания и на которых математические данные могут быть представлены одновременно в комбинации различных форм: текстовых, звуковых, графических, анимационных, фото и видео. Установлено, что при создании электронных ресурсов для обучения математическим дисциплинам с использованием средств визуализации учебного материала целесообразно придерживаться следующих основных принципов: когнитивной визуализации, информационной насыщенности, наглядности, сжатия, полноты, целостности восприятия, достоверности, актуальности и точности математических данных. Проведен анализ программных средств визуализации учебных данных по таким характеристикам как свободно распространяемый программный продукт, удобство и простота использования, богатый визуальный материал, интеграция с системой управления обучением Moodle и сервисами облачных информационных технологий, удобство работать на экранах любого размера: от смартфонов до комп. обслуживание компьютеров. Определены специальное и общее программное обеспечение, соответствующее этим требованиям и применение которого для наглядного представления математических данных позволяет сделать сложный учебный материал понятным и доступным для понимания, представить его в организованном, компактном и концентрированном виде. Приведены примеры использования программных средств визуализации математических данных как специального (программа динамической математики – GeoGebra), так и общего программного обеспечения (Wordle, MindMeister, Google таблицы, Screencast-o-matic, Draw.io Pro, RealTimeBoard, ThingLink) для создания мультимедийных моделей визуализации математических данных с использованием таких средств, как таблицы, графики, диаграммы, интеллект-карты, учебные фильмы, инфографика, мультимедийные презентации и интерактивные плакаты.

Ключевые слова: электронные образовательные ресурсы; программные средства визуализации математических данных; программы динамической математики; вузы.

**USE OF VISUALIZATION FACILITIES TO CREATE ELECTRONIC
EDUCATIONAL RESOURCES IN THE PROCESS OF TEACHING
MATHEMATICAL DISCIPLINES IN UNIVERSITIES**

Tamara I. Koval

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Foreign Languages Methodology Teaching and Information and Communication Technologies

Kyiv National Linguistic University, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-3401-8754

tikoval11@gmail.com

Elena P. Besklinskaya

PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Foreign Languages Methodology Teaching and Information and Communication Technologies

Kyiv National Linguistic University, Kyiv, Ukraine

ORCID ID 0000-0003-4872-748X

elenabe27@gmail.com

Abstract. The article deals with the software tools for mathematical data visualization used in the process of creating electronic educational resources for teaching mathematical disciplines in higher schools. Special attention is paid to software tools for visualization of mathematical data, which allow to represent numbers, quantitative relations, spatial objects and processes as abstract multimedia static or dynamic models, imitating the essence of the object of knowledge and on what mathematical data can be presented simultaneously in a combination of different forms, text: sound, graphics, animation, photos and videos. It is established that when creating electronic resources for teaching mathematical disciplines using the visualization of educational material, it is advisable to adhere to the following basic principles – cognitive visualization, information saturation, clarity, compression, completeness, integrity of perception, accuracy and validity. The analysis of educational data visualization software was carried out on such characteristics as a freely distributed software product, usability, rich visual material, integration with the Moodle learning management system and cloud information technology services, the convenience of working on screens of any size: from smartphones to computers. The analysis of training data visualization software has been performed on such characteristics as free software distribution, convenience and ease of use, rich visual material, integration with Moodle training management system and cloud information technology services, convenience of working on screens of any size: from smartphones to computers. Specific and general software that meets these requirements has been identified and the use of which for the visual presentation of mathematical data makes it possible to make complex educational material comprehensible and accessible for awareness, to present it in an organized, compact and concentrated form. The examples of the mathematical data visualization software use are given, such as a special (dynamic mathematics program – GeoGebra), and general software for creating multimedia models of mathematical data visualization (Wordle, MindMeister, Google sheets, Screencast-o-matic, iSpring Suite, Draw.io Pro, RealTimeBoard, ThingLink) using such tools as tables, graphs, charts, intellect maps, educational films, infographics, multimedia presentations and interactive posters.

Keywords: electronic educational resources; mathematical data visualization software; programs of dynamic mathematics; high schools.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine. (2012, October 01). Order No. 1060, *On Approval of the Regulation on Electronic Educational Resources*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12#n13>. (in Ukrainian)
- [2] Yu. A. Halaiko, «Psychological and pedagogical prerequisites for teaching mathematical disciplines to students of managerial specialties». *Dydaktyka matematyky: problemy i doslidzhennia*. Donetsk: Firma TEAN, vol. 23, pp. 35-39, 2005. (in Ukrainian)
- [3] A. M. Avramchuk, and O. A. Shcherbyna, «Creating video lectures using the Rich Media module”, *at the 1st All-Ukrainian MoodleMoot Ukraine 2013 Scientific Conference*. [Online]. Available: <http://2013.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=51>. (in Ukrainian)
- [4] O. V. Semenikhina, *Professional readiness of the future mathematics teacher to use dynamic mathematics programs: theoretical and methodological aspects*. Sumy, Ukraina: VVP Mriia, 2016. (in Ukrainian)
- [5] S. F. Klepko, *Integrative education and polymorphism of knowledge*. Kyiv-Poltava-Kharkiv, Ukraina: POIPOP, 1998. (in Ukrainian)
- [6] A. A. Verbytskyi, *Active learning in higher education: a contextual approach*. Moskva, Rossyia: Выssh. shkola, 1991. (in Russian)
- [7] A. H. Raputo, «Visualization as an integral part of the teacher training process». *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, no. 5, pp. 138-141, 2010. (in Russian)
- [8] H. K. Selevko, *Modern educational technologies*. Moskva, Rossyia: Narodnoe obrazovanye, 1998. (in Russian)
- [9] L. I. Bilousova, and N. V. Zhytienova, «Functional approach to the use of visualization technologies to intensify the learning process», *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*, vol. 57, no.1, pp. 38-49, 2017. [Online]. Available: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2017_57_1_6 (in Ukrainian)
- [10] H. P. Haluzynskyi, and I. V. Hordiienko, *Modern technological means of information processing*. Kyiv, Ukraina: KNEU, 1998. (in Ukrainian)
- [11] O. V. Semenikhina, «Theory and practice of forming future mathematics teachers' professional readiness to use the tools of computer visualization of mathematical knowledge», *dys. dokt. ped.*

- nauk, Sumskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni A.S. Makarenka, 2017. (in Ukrainian)
- [12] Olena Semenikhina, and Nataliia Biloshapka. «About teachers using mathematics computer imagery», *Humanizatsiia navchalno-vykhovnoho protsesu*, no. 1 (87), pp. 289-301, 2018. (in Ukrainian)
- [13] D. A. Pospelov, *Artificial intelligence. Directory. Book 2. Models and methods*. Moskva, Rossyia: Radyo y sviaz, 1990. (in Russian)
- [14] V. Yu. Bykov, «Theoretical and methodological foundations for the creation and development of modern tools and e-learning technologies», *Rozvytok pedahohichnoi i psykhohichnoi nauk v Ukraini 1992-2002, Zbirnyk naukovykh prats do 10 – richchia APN Ukrainy*, Kharkiv, Ukraina: OVS, ch. 2, p. 182-199, 2002. (in Ukrainian)
- [15] O. H. Hlazonova, «Theoretical and methodological aspects of the use of educational video content in the training of future specialists in information technology», *Novi tekhnologii navchannia*, no. 80, pp. 91-98, 2014. (in Ukrainian)
- [16] A. M. Hurzhii, and V. V. Lapinskyi, «Theoretical foundations and practice of creating and using electronic educational resources», *at the Scientific and Practical Internet Conference Information Society of the 21st Century: Culture, Education, Civilization*, Poltava, Ukraina, pp. 6-13, 2014. (in Ukrainian)
- [17] M. I. Zhaldak, and N. M. Kuzmina, S. Yu. Berlinska. *Probability theory and mathematical statistics with elements of information technology*, Kyiv, Ukraina: Vyscha shkola, 1996. (in Ukrainian)
- [18] S. Lytvynova, and M. Mamuta, O. Rybalko, «Model of interactive electronic posters», *Fizykomatematychna osvita*, vol. 4(18), pp. 96-100, 2018. (in Ukrainian)
- [19] Yu. V. Tryus, «Innovative information technologies in teaching mathematical disciplines», *Informatyzatsiia vyshchoho navchalnoho zakladu*, Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, no. 731, pp. 76-81, 2012. (in Ukrainian)
- [20] D. S. Bezuhlyi, «The technology of creating an electronic tutorial with built-in interactive applets», *Fiziko-matematichna osvita*, vol. 2(8), pp. 23–28, 2016. (in Ukrainian)
- [21] O.O. Hryb'iuk, and V.L. Yunchyk, «GeoGebra's dynamic mathematics system as a tool for enhancing student research», *Informatsiino-komunikatsiini tekhnologii v suchasni osviti: dosvid, problemy, perspektyvy*. K.-L., vol. 4. vol.1, pp.163-167, 2015. (in Ukrainian)
- [22] H. A. Nykulova, and A. V. Podobnykh, «Means of visual communication - infographics and metadesign». *Obrazovatelnye tekhnolohyy u obshchestvo. Vostochno-Evropeiskaia sektsiia*, vol.13, no. 2, 2010. [Online]. Available: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v13_i2/html/14.htm. (in Russian)
- [23] S. O. Semerikov, and K.I. Slovak, «Theory and methodology of application of mobile mathematical environments in the process of teaching higher mathematics students of economic specialties» *Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia*. vol. 21, no. 1, 2011. [Online]. Available: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/413>. (in Ukrainian)
- [24] Richard S. Palais, «The Visualization of Mathematics: Towards a Mathematical Exploratorium», *Notices of the American Mathematical Society*, vol. 46 (6), pp. 647-658, 1999. (in English)
- [25] Lewis Chou, *9 Data Visualization Tools That You Cannot Miss in 2019*. [Online]. Available: <https://towardsdatascience.com/9-data-visualization-tools-that-you-cannot-miss-in-2019-3ff23222a927>. (in English)
- [26] D. H. Clenents, and S. McMillen, «Rethinking Concrete Manipulatives. Teaching Children Mathematics», *National Council of Teachers of Mathematics*. vol. 2 (5), pp. 270-279, 1996. (in English)
- [27] T. Buzzen, and B. Buszen, *The Mind Map Book*. [Online]. Available: https://royallib.com/book/byuzen_toni/supermishlenie.html. (in English)

