

Злата Бондаренко

Вінницький національний технічний університет

ORCID: 0000-0003-3339-0570

Світлана Кирилащук

Вінницький національний технічний університет

ORCID:0000-0002-8972-3541

Галина Черноволик

Вінницький національний технічний університет

ORCID: 0000-0003-4598-320X

БАЗОВА РОЛЬ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Стаття присвячена дослідженню проблеми удосконалення змісту математичних дисциплін у ЗВО для підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій. Обґрунтовано актуальність дослідження на основі виконаного аналізу якості підготовки майбутніх фахівців із інформаційних технологій у різних навчальних закладах світу. Як показує наш досвід та наші дослідження, одним із факторів успішної підготовки фахівця в галузі ІТ технологій є ґрунтовна математична підготовка, яка сприяє формуванню чітких, логічних та обґрунтованих рішень у подальшій професійній діяльності, дає високий рівень конкурентоспроможності, відкриває перед фахівцем широкий вибір цікавих і складних проєктів, а також забезпечує професійне зростання.

***Ключові слова:** математичні дисципліни, фундаментальні знання, фахівці з інформаційних технологій, програмування, алгоритм, предметна галузь, кодування, логіка.*

Постановка проблеми. Нині в усьому світі зростає попит на фахівців із інформаційних технологій (ІТ). Відображенням цього є збільшення числа навчальних закладів, що здійснюють підготовку таких фахівців. Світ навколо нас безперервно змінюється, і також, кожен день змінюються технології, причому

іноді настільки швидко, що набуте і засвоєне на сьогодні через рік вже може бути не актуальним. Але якщо проаналізувати детально, то можна побачити, що базові, фундаментальні знання, які використовуються в більшості сучасних технологій, з'явилися давно і практично не змінилися. Важливою умовою для досягнення поставлених задач у галузі ІТ є якісна математична освіта. Саме математичні знання виконують роль методологічної основи наукового знання, базової складової більшості спеціальних та професійних дисциплін університету. Означені процеси потребують забезпечення у майбутніх фахівців ІТ спеціальностей нових практичних умінь, знань та навичок на основі вітчизняного та міжнародного досвіду формування системи компетентностей ІТ галузі (Юдін О. К. , Матвійчук-Юдіна О. В., 2019).

Аналіз актуальних досліджень. Аналізуючи підготовку програмістів у навчальних закладах країн Європи, Азії, Канади і США варто звернути увагу на те, що базова підготовка таких фахівців включає в себе достатню кількість математичних дисциплін.

Вивчаючи веб-сайти навчальних закладів різних країн, присвячені підготовці програмістів різного профілю, а також навчальні плани та освітні програми можна відзначити присутність в їх змісті як теоретичної, так і практичної складової при вивченні математичних дисциплін. На основі рейтингу за спеціальностями кращих університетів світу 2021 року – [QSWorldUniversityRankingsbySubject 2021](#), в який увійшли 1452 виші світу, зокрема чотири виші з України, одним з провідних університетів Європи в сфері технології, інженерії та інформатики є Імперіал коледж Лондона (The Imperial College of Science, Technology and Medicine). Студенти, які навчаються там, можуть отримати бакалаврський ступінь (Bachelor of Engineering degree – BEng) або ступінь магістра в галузі технічних наук (Master of Engineering degree – MEng). Наприклад, структура програми комп'ютерингу (BEng Computing) повинна: забезпечити вивчення головних принципів комп'ютерингу; розвинути розуміння різних аспектів інженерії для здійснення проектування, впровадження та

використання обчислювальних систем; отримати знання в області дискретної математики; допомогти опанувати класичну математику і статистику.

Відповідно до Академічного рейтингу світових університетів в галузі техніки, технологій та обчислювальних наук (Academic Ranking of World Universities in Engineering, Technology and Computer Sciences), до переліку 100 кращих вищих навчальних закладів світу входять такі університети Канади, як Торонтський університет (University of Toronto), Університет Ватерлоо (University of Waterloo) і Університет Британської Колумбії (University of British Columbia). Наприклад, програма Торонтського університету передбачає підготовку майбутніх програмістів на декількох різних факультетах за спеціальностями «Прикладна математика» (Applied Mathematics), «Електроніка та обчислювальна техніка» (Electrical and Computer Engineering), «Комп'ютерні науки» (Computer Science) і багатьом спеціалізаціям із поєднанням програм, зокрема «Комп'ютерні науки та фізика», «Комп'ютерні науки та статистика», «Комп'ютерні науки. Штучний інтелект», «Комп'ютерні науки. Програмна інженерія» та ін. Наприклад, програма «Прикладна математика» передбачає вивчення математичних дисциплін і статистики, проте студентам пропонують і обов'язкове вивчення дисциплін «Чисельні апроксимації, інтеграції і звичайні диференціальні рівняння» (Numerical Approximation, Integration and Ordinary Differential), «Обчислювальні методи для диференціальних рівнянь» (Computational Methods for Partial Differential).

Наукові публікації присвячені проблемі і змісту математичної підготовки програмістів (Бондаренко З. В., Кирилащук С. А., 2018, Черноволик Г. О., Мисько Ю. О., 2019).

Засвідчене питання обговорюються на форумах Інтернету. Висвітлюються різноманітні точки зору щодо важливості математики для програмістів: її важливість, рівень, розділи та інше (Какое отношение имеет математика к программированию?).

Мета статті. Висвітлити важливість математичної освіти та шляхи оптимізації змісту математичних дисциплін у ЗВО, необхідних для підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій.

Методи дослідження. Нами було використано теоретичний аналіз, систематизація, порівняння та зіставлення різних поглядів, що зробили можливим обґрунтування важливості якісної математичної підготовки майбутніх фахівців у галузі інформаційних технологій.

Виклад основного матеріалу. Для кожної спеціальності є свій мінімальний набір обов'язкових знань. Для інформатики та програмування однією з таких основ є математика, тому для студентів є важливий рівень засвоєння математичної бази. Крім того, фахові курси, як правило, взаємозалежні. Їх головна мета – не навчити студента всьому, що в принципі неможливо, а надати йому наближену карту сучасних наукових та інженерних знань, щоб під час зустрічі з фаховою задачею, він зміг би прийняти правильне професійне рішення, в якому напрямку рухатись.

Програмування можна спрощено трактувати як процес перекладу алгоритму розв'язання на мову, яку розуміє комп'ютер. У такому розумінні воно має перспективу невдовзі зникнути, оскільки штучний інтелект зможе сам виконувати таку напівмеханічну роботу — вставляти цілі блоки напівготових кодів. Складніше — пройти весь шлях від постановки конкретної задачі через абстрагування до загального алгоритму розв'язку. Зрозуміти структуру, вміти побачити будівлю, коли є тільки окремі цеглинки — тут вже потрібні значно потужні знання (Какое отношение имеет математика к программированию?).

Серед математичних дисциплін, які необхідно знати програмісту, фахівці виділяють такі.

1) *Математичний аналіз* – основа всіх математичних моделей інформаційних систем.

2) *Алгебра (вища)* застосовується у вигляді теорії груп, якщо потрібно провести дії з групами обертань або рухів простору, або у вигляді кінцевих груп, полів, де вона стикається з теорією чисел.

3) *Аналітична геометрія* пов'язана з комп'ютерною графікою, комп'ютерною геометрією, моделюванням у 3D.

4) *Лінійна алгебра і геометрія* використовується в процесі роботи з матрицями та в багатьох задачах, що стосуються обробки інформації.

5) *Дискретна математика*. Завдяки цьому розділу реалізуються алгоритми пошуку рішень. Знання з дискретної математики використовуються для налагодження маршрутизації в мережах, розташування доріжок на мікросхемі, пошуку ігрової стратегії, створення штучних нейронних мереж, розробки штучного інтелекту.

Як застосовується дискретна математика в програмуванні? Основною областю є застосування графів, які вважаються однією з основних структур даних. Граф – це уявлення безлічі об'єктів як взаємопов'язаних елементів. Сфера застосування графів дуже широка. До неї входять алгоритми, які допомагають знайти найпростіше рішення. Найчастіше графи використовуються в компіляторах і при створенні пошукових систем. Наприклад, при створенні перехресних посилань, програмісту буде потрібна матриця суміжності цих посилань.

б) *Математична логіка* використовується для розуміння логічних операцій і кванторів, для доведення правильності програм. На сьогоднішній момент такий розділ (булева алгебра, логічні змінні і оператори, таблиці істинності) вивчається з метою набуття умінь програміста самостійно розробляти програми, не спираючись на створені шаблони. Математична логіка може допомогти, коли умова завдання занадто формальна і «не хоче» сприйматися мозком.

Наприклад, написання програм по опрацюванню тестових даних, де в залежності від комбінацій відповідей потрібно видати результат, класично можна представити як послідовність операторів `if...else...`, а потім витратити значний час на налагодження такої програми. Але є більш раціональний шлях. За допомогою математичного апарату, що пов'язаний з такими поняттями як диз'юнкція, кон'юнкція відповідна програма має одну невелику функцію в якості аргументів в яку передаються 0 і 1. В залежності від отриманого результату видається

відповідь. Успішне освоєння логіки буде розвивати нестандартне мислення, яке є важливим для будь-якого програміста.

7) *Диференціальні рівняння* використовуються для аналізу даних, оптимізаційних алгоритмів, веб-графіки

8) *Диференціальна геометрія* використовується при роботі з багато параметричною моделлю а також з програмами, що пов'язані з простором Лобачевського.

9) *Топологія* використовується для трасування плат, у комп'ютерній геометрії, наприклад, при побудові поверхні за одною або декількома множинами точок, при розрахунках взаємодії тіл, для пошуку шляху в просторі допустимих параметрів робота.

10) *Теорія функцій комплексної змінної*. Лінійні та раціональні функції дуже корисні для роботи з рухами площини та сфери (з комплексними числами працювати простіше, ніж з ортогональними матрицями). У комплексному полі зручно розв'язувати системи поліноміальних рівнянь.

11) *Рівняння в частинних похідних* використовується для варіантів гладкої інтерполяції даних.

12) *Теорія ймовірностей, математична статистика, теорія випадкових процесів* використовується в різному ступені в аналізі даних. Для розробки ігор потрібні знання з теорії ймовірностей. Наприклад, об'єктом розробки є шутер. Механіка стрільби – практично головний елемент у такому проекті програми. Ті шутери, де зброя стріляє максимально точно, навряд чи сподобається більшості гравцям, тому слід додавати розсіювання. Задавати точки максимально рандомними не потрібно, тому що це спричинить проблеми з точним настроюванням і порушить ігровий баланс. Якщо використовувати знання з теорії ймовірностей, то можна взяти випадкові показники, а за їхніми розподілами зробити аналіз того, як буде працювати та чи інша зброя з заданим розсіюванням. Так можна відкоригувати гру. (Математика для программіста – особенности, разделы и рекомендации). Найчастіше знання статистики потрібно в області Data Science. Математична статистика в програмуванні потрібна для створення

звітів і тестування систем, а також для обробки даних і побудови робочих процесів.

13) *Варіаційне числення та методи оптимізації* використовуються в іграх і робототехніці.

14) *Методи обчислень і чисельні методи* використовується в разі роботи з дійсними числами.

15) *Теорія чисел* зустрічається в сучасній криптографії.

Для більшості програмістів математика є скоріш інструментом, ніж наукою, і викладати її потрібно саме так, особливо на перших курсах, завжди пояснюючи студентам, навіщо їм це потрібно. Якщо вивчати тільки окремі напрями, освіта програміста не буде повною. Наприклад, важко не враховувати дискретну математику – мабуть, саму затребувану математичну дисципліну в галузі загального програмування. Теорія алгоритмів залежить (як мінімум) від знань алгебри і математичного аналізу. Можливо, деякі розробники веб-додатків зауважать, що якихось особливих математичних навичок в цій сфері розробки програмного забезпечення не потрібно. Програмістам, що працюють на більш складному рівні, знадобляться набагато фундаментальніші знання – наприклад, в індустрії розробки комп'ютерних ігор (Game Development) дуже корисні знання алгоритмів, лінійної алгебри та геометрії. Чим професійніше стає розробник, тим «глибше» він занурюється в предметну галузь, а в ній, безумовно, існує ряд інженерних рішень, заснованих на застосуванні математичного апарату.

Наприклад, знання про парність функції у програмуванні досить важливе. Якщо відомо, що функція парна або непарна, то скориставшись знанням про симетричність таких функцій, можна вдвічі скоротити інтервал обчислень. Наприклад, у типовій задачі про виведення на друк таблиці значень парної функції $y = x^2$ на інтервалах $[-m, 0]$ і на $[0, m]$ будуть однакові, а тому інтервал обчислень можна скоротити. Якщо функція досить складна, то таке скорочення дасть відчутне зменшення часу на виконання обчислень. Аналогічний приклад можна навести і для непарних функцій. Так, функція $y = \sin(x)$ має період 2π , а тому її достатньо обчислити на інтервалі $[0, 2\pi]$. Більш того, обчислення цієї

функції на інтервалах за межами $[0, 2\pi]$ може призводити до значної похибки, а тому є сенс для підвищення точності зводити обчислення $y = \sin(x)$ для великих значень x до обчислень на інтервалі $[0, 2\pi]$. Нехай необхідно отримати значення функції $y = \sin(x)$ на інтервалі довжиною 6π – три періоди. Весь інтервал можна розбити на $n = 300$ кроків. Обчислюється кількість кроків k на один період. Далі обчислюються значення тільки на першому періоді, а для інших періодів значення беруться з числа вже обчислених (Славко Г. В., 2018).

Наведемо ще приклад. Нехай нам потрібно порівняти добуток двох великих чисел $a \cdot b$ з результатом іншого добутку $c \cdot d$ для чисел a, b, c, d , які мають значення на межі діапазону типу, оголошеного для цих чисел. Звісно, добуток цих чисел призведе до виходу результату за можливий діапазон типу. Можна змінити тип змінних на тип із більшим діапазоном, але якщо це потрібно лише для декількох чисел, а добуток усіх інших значень не виходить за межі діапазону, то тим самим буде збільшено загальний обсяг пам'яті для деякої множини змінних. Є інший шлях – використати властивості логарифмів. А саме: $\text{Ln}(a \cdot b) = \text{Ln}(a) + \text{Ln}(b)$ і розуміння, що логарифм числа менше, ніж саме число а функція логарифму зростає із збільшенням аргументу. Тоді можна порівняти не добутки чисел, а суму логарифмів цих чисел. Оскільки $\text{Ln}(a) + \text{Ln}(b) \geq \text{Ln}(c) + \text{Ln}(d) \Rightarrow \text{Ln}(a \cdot b) \geq \text{Ln}(c \cdot d)$. Таким чином, за певних обмежень на числа a, b, c, d , отримуємо ефективний спосіб порівняння великих чисел.

Під час програмування доводиться використовувати можливості швидкого обчислення, щоб знайти потрібний розв'язок перебором варіантів. Отже, програмування розширює можливості математичних методів, які зазвичай дають аналітичний розв'язок. У свою чергу, математичні методи адаптуються до можливостей обчислень і використовуються для розробки чисельних алгоритмів програмування. Отже, математика потрібна програмістам, а розуміння методів програмування – математикам.

Наведемо приклад, в якому покажемо, що програмісту потрібно мати уявлення про неперервність функції і чим загрожує відсутність такого

розуміння. Процес побудови графіка функції $y = \frac{\sin(x)}{x}$ не викликає проблем (рис.1).

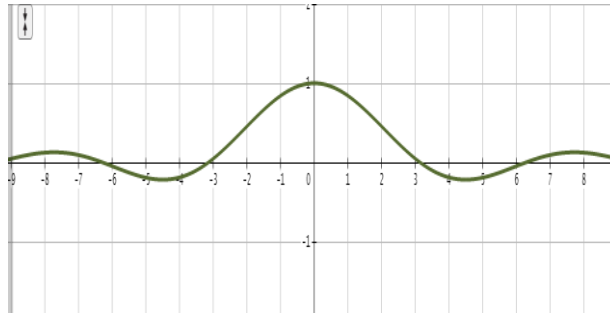


Рис 1. Графік функції $y = \frac{\sin(x)}{x}$, побудований комп'ютерною програмою.

Але, якщо спробувати обчислити значення такої функції у точці $x=0$, то виникне помилка програми. Справа в тому, що крок у циклі програми, яка обчислювала значення функції у точках абсциси, було вибрано так, що програмі не довелось обчислювати значення в особливій точці $x=0$. З математичного аналізу відомо, що функція $y = \frac{\sin(x)}{x}$ в точці $x=0$ має усувний розрив.

Цікава ситуація складається під час побудови графіка функції $y = \frac{|x+2|}{x+2}$, яка має розрив першого роду в точці $x=-2$. Але, як і в попередньому випадку, крок у програмі, що будувала цей графік, вибраний так, що обчислення функції не виконувалось у точці $x=-2$. Дискретні точки при побудові графіка були з'єднані та виник стрибок значень функції (рис.2).

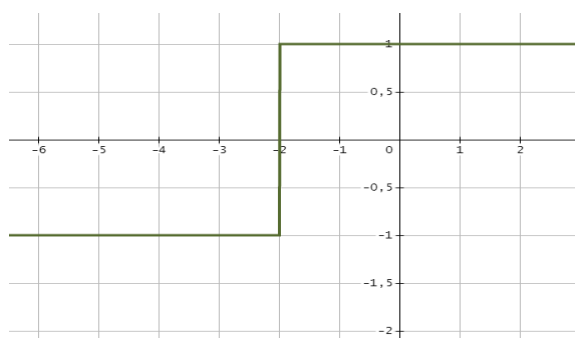


Рис.2 Графік функції $y = \frac{|x+2|}{x+2}$, побудований комп'ютерною програмою.

Таким чином, це може ввести в оману щодо форми графіка, а при певних змінах кроку обчислень призвести до непередбачуваних наслідків в обчисленнях і

результатах. Отже, програмісту слід розуміти, що математичні функції можуть мати особливі точки. Якщо в програмі використовується деяка функція, то особливу увагу потрібно звертати на межі області визначення, які можуть бути точками розриву. Усе ускладнюється, якщо значення такої функції з розривами використовується в подальших обчисленнях. Знайти причину помилок у результатах через це буває доволі складно (Славко Г. В., 2018).

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. Як показує наш досвід та наші дослідження, одним з факторів успішної підготовки фахівця в галузі ІТ технологій є ґрунтовна математична підготовка, яка сприяє формуванню чітких та логічних, обґрунтованих рішень в подальшій професійній діяльності. Саме вивчення математичних дисциплін закладає у фахівців галузі ІТ основи аналізу і допомагають у побудові алгоритмічних моделей, а також розвивають уміння тонко і детально розуміти код, який пише програміст. Безсумнівно, знання математики дають конкурентні переваги перед тими фахівцями, які не мають їх, відкривають перед програмістом широкий вибір цікавих і складних проектів, а також у багатьох випадках забезпечують професійне зростання.

ЛІТЕРАТУРА

- Бондаренко З. В., Кирилащук С. А. (2018) Аспекти формування математичної та інформатичної компетентності у майбутніх фахівців з інформаційних технологій. *Міжнародна науково-методична Інтернет-конференція «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності»*: Вінниця: ВНТУ. (Bondarenko Z. V., Kirilashchuk S. A. (2018) Aspects of the formation of mathematical and computer competence among future information technology specialists. *International scientific and methodological Internet conference "Problems of higher mathematical education: challenges of our time"*: Vinnitsa: VNTU). Retrieved from: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmovc/pmovc/paper/view/5659>
- Бондаренко З. В., Кирилащук С. А., Кирилащук Т. Г. (2018). Методичні аспекти навчання дискретної математики майбутніх фахівців з інформаційних технологій. *Педагогіка безпеки*, 3, 2,145-152.(Bondarenko Z. V., Kirilashchuk S. A., Kirilashchuk T. G. (2018). Methodological aspects of teaching discrete mathematics to future information technology specialists. *Safety pedagogy*, 3, 2,145-152).
- Какое отношение имеет математика к программированию? Режим доступа:<https://qastack.ru/software/136987/what-does-mathematics-have-to-do-with-programming>. (What does mathematics have to do with programming?)

Retrieved from:<https://qastack.ru/software/136987/what-does-mathematics-have-to-do-with-programming>).

Математика для программиста – особенности, разделы и рекомендации. Режим доступа:

<https://fb.ru/article/426683/matematika-dlya-programmista---osobennosti-razdelyi-i-rekomendatsii> Mathematics for the programmer –features, sections and recommendations. Retrieved from:
<https://fb.ru/article/426683/matematika-dlya-programmista---osobennosti-razdelyi-i-rekomendatsii>

Пошук єдиної правильної відповіді руйнує задум математичної освіти. Режим доступа: <https://theukrainians.org/rostyslav-gryniv/>(Finding a single correct answer destroys the idea of mathematical education Retrieved from:
<https://theukrainians.org/rostyslav-gryniv/>

Славко Г. В. (2018). *Математика програмістам*. Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О. В. (Slavko G. V. (2018). *Mathematics to programmers*. Kremenchug: Publishing house of PE Shcherbatykh A. V.).

Черноволик Г. О., Мисько Ю. О. (2019). Розробка методу та засобів системи ідентифікації користувачів. *Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції. Пам'яті А.М. Петуха*. Суми/Вінниця: НІКО/ВНТУ, (сс283-286).(Chernovolik G. O., Misko Y. O., (2019). Cutting the method and means of the user identification system. *Electronic information resources: creation, use, access: Collection of materials of the International Scientific and Practical Internet Conference. In memory of A.M. Petuh*. Sumy/Vinnitsa: NICO/ VNTU, (pp. 283-286))

Юдін О. К. , Матвійчук-Юдіна О. В. (2019). Концепція формування професійних компетентностей фахівців з інформаційних технологій та кібербезпеки *Наукоємні технології*, 43, 330-342. (Yudin A. K. Matviychuk-Yudin O. V. (2019). Information Technology and Cybersecurity Professional Competencies Concept *Science-intensive Technologies*, 43, 330-342).

РЕЗЮМЕ

Бондаренко Злата, Кирилащук Светлана, Черноволик Галина. Базовая роль высшей математики в подготовке будущих специалистов в области информационных технологий.

Статья посвящена исследованию проблемы совершенствования содержания математических дисциплин в высших учебных заведениях по подготовке будущих специалистов в области информационных технологий. Обоснована актуальность исследования на основе выполненного анализа подготовки будущих специалистов по информационным технологиям различных учебных заведениях мира. Как показывает наш опыт и наши исследования, одним

из факторов успешной подготовки специалиста в области IT-технологий является основательная математическая подготовка, которая способствует формированию четких, логических, обоснованных решений в дальнейшей профессиональной деятельности, дает конкурентные преимущества, открывает перед специалистом широкий выбор интересных и сложных проектов, а также во многих случаях обеспечивает профессиональный рост.

***Ключевые слова:** математические дисциплины, фундаментальные знания, специалист по информационным технологиям, программирование, алгоритм, предметная область, кодирование, логика.*

SUMMARY

Bondarenko Zlata, Kyrylashchyk Svitlana, Chernovolyk Galyna. Basic role of higher mathematics in the training of future specialists in the field of information technologies

The article is devoted to the problem research for the improvement of mathematical disciplines content in HEI for training future specialists in computer and information technology. The research relevance is substantiated on the basis of the analysis for training future specialists in information technology in various educational institutions around the world. Qualitative mathematics education is an important condition for achieving the objectives in all IT branches. It is mathematical knowledge that acts as methodological basis of scientific knowledge, a basic component of most special and professional disciplines of the university. These processes require the formation of new practical skills, knowledge and skills based on domestic and international experience in designing the competency-based system in information technology for the future professionals of IT specialties.

Among the mathematical disciplines necessary to know for a programmer, experts distinguish the following: mathematical analysis; algebra (higher); analytical geometry; linear algebra; mathematical logic; discrete mathematics; differential equations; differential geometry; topology; probability theory and thematic statistics; theory of random processes; equations in partial derivatives; theory of functions of a

complex variable; number theory; calculation methods and numerical methods; variational calculus and optimization methods.

For most programmers, mathematics is a tool rather than a science, and it should be taught exactly that way, especially in the freshman year, always explaining to students why it is necessary for them. If you study only some particular sectors of mathematics, the education of a programmer will not be complete enough. The more professional a software developer becomes, the “deeper” he is immersed into the subject field, and it, of course, contains a number of engineering solutions based on the use of mathematical apparatus.

Due to our experience and our research, one of the factors of successful training specialists in the field of IT technologies is the thorough mathematical training, which promotes the formation of clear and logical, valid decisions in further professional activity; it gives competitive advantages, opens a wide range of interesting and complex projects, and in many cases provides professional growth.

Keywords: *mathematical disciplines, fundamental knowledge, information technology specialists, programming, algorithm, subject area, coding, logic.*

<https://pedscience.sspu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/11/32021-фінал.pdf>