



Налагодження міждисциплінарних зв'язків між математичними дисциплінами у контексті якісної фахової підготовки майбутнього спеціаліста з кібербезпеки

Євген Котух,
Володимир Любчак,
Наталія Мартинова,
Олександр Страх,
Марина Рябокінь

*Математика — це ворота і ключ до наук
Роджер Бекон*

Розглядаючи проблеми якісної підготовки фахівця зі спеціальності 125 «Кібербезпека» неможливо оминати всебічний (всеохоплюючий) аспект математичної підготовки. З одного боку, спеціаліст із кіберзахисту повинен мати знання зі спеціальних дисциплін відповідного циклу підготовки (уміння та навички з комп'ютерних дисциплін), з іншого ж боку — повинен вільно оперувати фундаментальними знання з відповідних математичних дисциплін. Якісне поєднання цих двох факторів і забезпечує належну професійну підготовку студентів у ЗВО за цією спеціальністю та формування в них визначеної у відповідному наказі МОНу [1] такої інтегральної компетентності: «Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі забезпечення інформаційної безпеки та/або кібербезпеки, що характеризується комплексністю та неповною визначеністю умов». Крім того, важливість набуття знань із фундаментальних математичних складових освітньої програми для майбутнього спеціаліста з кібербезпеки підкреслюється й такими визначеними

фаховими компетентностями та очікуваними результатами навчання [1]:

- КФ 2. «Здатність до використання інформаційно-комунікаційних технологій, сучасних методів і моделей інформаційної безпеки та/або кібербезпеки».
- КФ 10. «Здатність застосовувати методи та засоби криптографічного та технічного захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності».

Результати навчання:

4) аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов, відповідати за прийняті рішення;

10) виконувати аналіз та декомпозицію інформаційно-телекомунікаційних систем;

12) розробляти моделі загроз та порушника

19) застосовувати теорії та методи захисту для забезпечення безпеки елементів інформаційно-телекомунікаційних систем;

33) вирішувати задачі забезпечення безперервності бізнес-процесів організації на основі теорії ризиків;

46) здійснювати аналіз та мінімізацію ризиків обробки інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах;

47) вирішувати задачі захисту інформації, що обробляється в інформаційно-телекомунікаційних системах з використанням сучасних методів та засобів криптографічного захисту інформації.

Враховуючи наявні рекомендації державного стандарту вищої освіти для спеціальності «Кібербезпека», у програму з підготовки майбутнього фахівця з кібербезпеки обов'язково мають бути включені математичні дисципліни. Так, у більшості університетів України [2–5] для студентів спеціальності 125 «Кібербезпека» як обов'язкові предмети вводяться:

— інтегрований курс вищої математики, який у більшості випадків включає такі розділи математики як лінійна та векторна алгебри, аналітична геометрія, теорії функцій однієї та кількох дійсних змінної (диференціальне та інтегральне числення), диференціальні рівняння, елементи теорії поля, теорія рядів, основи теорії ймовірностей та математичної статистики тощо;

— дискретна математика, яка включає елементи теорії множин, комбінаторику, елементи математичної логіки та теорії алгоритмів, модульну арифметику, теорії графів, теорію автоматів тощо;

— математичні методи дослідження операцій — курс, який оперує апаратом математичного програмування та деякими методами оптимізації.

Крім зазначених вище дисциплін студентами спеціальності «Кібербезпека» може вивчатися як частина курсу чи окремий предмет така математична дисципліна, як абстрактна алгебра [5] (теорія груп, кілець і полів). З іншого ж боку, програми навчання студентів спеціальності «Кібербезпека» усіх без винятку українських закладів вищої освіти передбачають вивчення ряду тих спеціальних дисциплін,

основи яких також ґрунтуються на математичному апараті. Зокрема, за переліком компонентів відповідної освітньої програми у Сумському державному університеті [2] до таких дисциплін відносяться:

— *Методи моделювання та оптимізації процесів кібербезпеки* (основна математична складова — математичні методи дослідження операцій);

— *Теорія ризиків* (основна математична складова — елементи теорії ймовірностей та математичної статистики);

— *Системи та засоби криптоаналізу* (основні математичні складові — елементи математичної логіки, дискретної математики, теорії чисел, абстрактної алгебри та теорії ймовірностей).

Зрештою, до циклу підготовки майбутніх спеціалістів з кібербезпеки можуть бути включені й інші спеціальні варіативні дисципліни з відповідним математичним підґрунтям («Вступ до спеціальності» [2], «Алгоритмічні основи криптографії» [3], «Криптографічні системи захисту інформації» [4] тощо).

Важливість математичного фундаменту у процесі підготовки студентів спеціальності «Кібербезпека» добре показано (див. рисунок) у відповідному профілі освітньо-професійної програми Київського національного університету імені Тараса Шевченка [4].

Розглянемо також міжнародний досвід підготовки фахівців з кібербезпеки. Наприклад, у США (детальний опис щодо професійної підготовки фахівців з кібербезпеки у вищих навчальних закладах США за освітнім рівнем «Бакалавр» зроблено у роботі [6]) програма отримання ступеню бакалавра з інформатики зазвичай передбачає курси вищої математики, певну форму дискретної математики та (швидше за все) курс математичного аналізу (теорію функцій дійсної змінної). Наповненість математики залежить від спеціалізації студента в області інформатики. Наприклад, дискретна математика та теорія чисел є надзвичайно важливими в дослідженнях криптографії та безпеки мережі [7].

Структурно-логічна схема



Схема взаємодії дисциплін при підготовці спеціалістів з кібербезпеки

Математика сучасної інформатики складається з дискретної математики, зокрема, комбінаторики (теорії способів поєднання речей), послідовностей, символічної логіки та теорії графів. Це означає, що для вивчення фундаментальних алгоритмів, які використовуються програмістами, студентам знадобляться значні знання із зазначених предметів. Дійсно, у більшості університетів США курс дискретної математики на рівні бакалавра є обов'язковою частиною отримання ступеню з інформатики. Вивчення тем з дискретної математики зазвичай додатково включає вивчення алгоритмів, їх реалізації та ефективності [7].

Бакалавр наук у галузі кібербезпеки та захисту інформації має пройти курси математики в рамках загальноосвітньої частини навчальної програми. Однією з них є проміжна алгебра (у нашому розумінні щось середнє між шкільною алгеброю та абстрактною алгеброю). Крім того, є курс теорії ймовірностей та статистики. Остання дисципліна включає статистичні вимірювання та аналіз даних.

Онлайн-бакалавр наук із кібербезпеки має кілька курсів математики, перелічених у вимогах до загальної освіти. Вони включають вступ до абстрактної алгебри,

аналітичну алгебру, статистику та застосування дискретної математики.

Звичайно, для вступу до магістратури потрібно отримати ступінь бакалавра. Обов'язкова курсова робота для магістра спеціальності «Кібербезпека» вже не потребує абстрактного математичного апарату як такого. Робота тут зосереджується на курсах, безпосередньо пов'язаних із цією спеціальністю (курси із захисту даних, безпеки мережі, цифрової криміналістичної експертизи, криптографії, безпеки електронної комерції тощо).

Таким чином, ураховуючи подібності підготовки фахівців з кібербезпеки в Україні та США у контексті вивчення математичного фундаменту, важливість та доцільність цього елемента для відповідної навчальної програми не викликає сумнівів.

Сучасний же мінливий світ постійно створює перешкоди вільному оволодінню студентами математичним апаратом та його застосуванням: скорочення кількості контактних годин; перехід на змішану форму навчання; недостатній рівень базових знань зі шкільного курсу математики; інші причини, зумовлені наслідками існуючої пандемії COVID-19 тощо. Це стосується і студентів спеціальності «Кібербезпека». Тож виникає

необхідність введення у навчальний процес елементів технологій, які полегшують сприйняття здобувачами вищої освіти цієї спеціальності складного матеріалу фундаментальних математичних дисциплін, зокрема постає доцільність налагодження міждисциплінарних зв'язків між різними розділами математики у контексті відповідної фахової підготовки. Такі зв'язки можуть не лише полегшити сприйняття студентами відповідного матеріалу, а й сприяти розв'язанню існуючих суперечностей між розрізненими знаннями, які вони отримують, та необхідністю їх подальшого синтезу та комплексного застосування на практиці [8], в майбутній науковій чи професійній діяльності.

Аналізуючи серію досліджень щодо проблем використання міждисциплінарних зв'язків [9 — 16], можна дійти висновку, що за допомогою цих зв'язків не тільки вирішуються завдання навчання, розвитку і виховання студентів, але й закладається фундамент для комплексного бачення й оволодіння прийомами вирішення складних проблем реальної дійсності.

Повертаючись до циклу професійної підготовки студентів за спеціальністю «Кібербезпека», з урахуванням можливостей її поєднання з математичною складовою комплексу освітньої програми [14], можна стверджувати, що реалізація міждисциплінарних зв'язків в середині останньої є можливим і потрібним елементом навчання. Так, в роботі [16] доведено факт важливості та способи налагодження зв'язків при вивченні різних дисциплін математичного спрямування. У роботі [8] наведено приклад реалізації міждисциплінарного навчання при вивченні основ криптографії через застосування методів лінійної алгебри. У роботі [15] показано, як можна пов'язати між собою теми «Лінійні диференціальні рівняння» (одна з модульних тем дисципліни «Вища математика») та «Лінійні рекурентні співвідношення» (одна з необов'язкових тем курсу «Дискретна математика»). В принципі, враховуючи відповідний зміст кожної з

математичних дисциплін, які входять до освітньої програми кібербезпеки, можливостей реалізації таких міждисциплінарних зв'язків є достатньо.

Як зазначалося вище, «Вища математика», «Дискретна математика» та «Математичні методи дослідження операцій» входять до загальнообов'язкових дисциплін циклу професійної підготовки майбутнього фахівця з кібербезпеки у більшості університетів України. Виконуючи завдання, спрямовані на поліпшення якості цієї підготовки, викладачам відповідних курсів доцільно проводити змістовні паралелі задля кращого засвоєння студентами відповідних знань. Щоправда, і в деяких випадках в середині самої дисципліни зв'язок одного класу математичних об'єктів з іншим може бути зовсім незрозумілий студентами. Тож розглянемо на конкретному прикладі можливості побудови міждисциплінарних зв'язків, вивчаючи деякі теми із зазначених дисциплін.

Приклад. Розшифруйте код у вигляді тризначного десяткового числа, усі цифри якого є різні, якщо Вам надані такі підказки (правильні твердження), щодо хибності введених цифр:

- 1) «У коді 136 одна цифра вірна та стоїть на потрібному місці»;
- 2) «У коді 085 одна цифра вірна, але не стоїть на потрібному місці»;
- 3) «У коді 657 дві цифри вірні, але не стоять на потрібному місці»;
- 4) «У коді 810 жодна з цифр не є вірною»;
- 5) «У коді 487 одна цифра вірна, але не стоїть на потрібному місці».

Очевидно, запропоноване завдання можна пропонувати студентам як мотивуюче при вивченні початкових тем спеціального курсу, пов'язаного з криптоаналізом. З іншого ж боку, ця проста задача може розглядатися як ключове завдання на вивчення нової теми з дискретної математики (мова йде про тему «Комбінаторні схеми»). Дійсно, від простого перебору можливих варіацій коду, представленого тризначним числом, до застосування інших складніших формул

комбінаторики можна отримати відповідь до задачі. Але й цим можливості апарату дискретної математики не вичерпуються. Іншим способом розв'язання задачі може бути використання алгебри логіки. Дійсно, позначаючи за x_0, x_1, \dots, x_9 події наявності у шуканому коді цифр 0, 1, ..., 9 відповідно, можемо записати кожен із п'яти підказок (щоправда без урахування порядку входження цифри в код) за допомогою формул алгебри логіки:

- 1) $(x_1 \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_6) \vee (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_6) \vee (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_3 \wedge x_6)$;
- 2) $(x_0 \wedge \bar{x}_8 \wedge \bar{x}_5) \vee (\bar{x}_0 \wedge \bar{x}_8 \wedge \bar{x}_5) \vee (\bar{x}_0 \wedge \bar{x}_8 \wedge x_5)$;
- 3) $(x_6 \wedge \bar{x}_5 \wedge \bar{x}_7) \vee (\bar{x}_6 \wedge \bar{x}_5 \wedge \bar{x}_7) \vee (\bar{x}_6 \wedge \bar{x}_5 \wedge x_7)$;
- 4) $(\bar{x}_8 \wedge \bar{x}_1 \wedge \bar{x}_0)$;
- 5) $(x_4 \wedge \bar{x}_8 \wedge \bar{x}_7) \vee (\bar{x}_4 \wedge x_8 \wedge \bar{x}_7) \vee (\bar{x}_4 \wedge \bar{x}_8 \wedge x_7)$.

Тоді можливі комбінації коду отримуються як набори змінних x_0, x_1, \dots, x_9 , для яких кожна із п'яти наведених формул приймає значення істинності 1. При цьому можна розглядати також кон'юнкцію усіх п'яти формул (взагалі кажучи, можна отримати навіть деяку нормальну форму) та визначати набори, при яких ця кон'юнкція прийматиме значення істинності 1.

Саме застосування методів цього розділу дискретної математики дає можливість пов'язати розв'язування задачі з іншою дисципліною, а саме з «Математичними методами дослідження операцій». Визначаючи невідомі x_0, x_1, \dots, x_9 як елементи множини $\{0, 1\}$ та формулюючи відповідні умови у вигляді наборів рівноможливих переваг, можна скористатися угорським методом розв'язання з незначальною матрицею.

Згадана вище рівноможливість наслідків як і комбінаторний характер першого способу розв'язання задачі тісно пов'язані з елементами теорії ймовірностей, яка входить до курсу «Вища математика». Тож, поєднати розв'язання задачі з цією дисципліною також можна.

Слід зазначити, що налагодження зв'язків між різними дисциплінами є досить складною задачею, навіть у межах однієї спеціальності, оскільки передбачає

не лише перегляд змісту програм відповідних навчальних дисциплін, а й узгодження методики роботи викладачів цих дисциплін [17].

Література

1. *Наказ* про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 125 «Кібербезпека» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5bb/626/1a8/5bb6261a84776166409164.pdf> (дата звернення: 14.11.2021).
2. *Профіль* освітньої програми «Кібербезпека» в Сумському державному університеті URL: <https://op.sumdu.edu.ua/#/programm/1734> (дата звернення: 01.11.2021).
3. *Профіль* освітньої програми «Кібербезпека» в Національному університеті «Львівська політехніка». URL: <https://old.lpnu.ua/education/majors/ICTA/6.125.00/8/2016/ua/full> (дата звернення: 05.11.2021)
4. *Освітньо-професійна* програма «Кібербезпека» у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. URL: http://fit.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/07/ОПП_бак_КІБЕРБ_КБ_2017_3п.pdf (дата звернення: 05.11.2021).
5. *Bachelor of science in cyber security in Kharkiv National University of Radio Electronics*. URL: <https://nure.ua/en/applicants/specialties-and-specialization/bachelor-of-science-in-cyber-security> (дата звернення: 07.11.2021)
6. *Бистрова Б. В.* Професійна підготовка бакалаврів з кібербезпеки у вищих навчальних закладах США : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Бистрова Богдана Василівна. Київ, 2018. 254 с.
7. *How much math is there in a cyber security degree*. URL: <https://www.degreequery.com/how-much-math-is-there-in-a-cyber-security-degree/> (дата звернення: 31.10.2021).
8. Ротаньова Н. Ю. Проблема підготовки фахівців з кібербезпеки: прикладна

спрямованість математичних дисциплін / Н. Ю. Ротаньова, Т. В. Шабельник, С. В. Кривенко, Ю. А. Лазаревська // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2021. № 1 (13). С. 123–132.

9. *Styron Ronald A., Jr.* (2013). Interdisciplinary Education // A Reflection of the Real World. Systemics, cybernetics and informatics. 2013. 9(11). P. 47–52.

10. *Ананченко Ю. М., Вороніна Н. К., Скороходова Л. І.* Бінарне заняття як форма реалізації міждисциплінарних зв'язків у процесі підготовки студентів в умовах закладу фахової передвищої освіти: з досвіду машинобудівного коледжу Сумського державного університету // Фізико-математична освіта. 2020. Вип. 3(25). Ч. 1. С. 19–24.

11. *Волубуєва О. Ф.* Міждисциплінарні (міждисциплінарні) зв'язки під час підготовки майбутнього фахівця: психологічний аспект // Зб. наук. пр. Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер.: Психологічні науки, 2015. № 1. С. 26–42.

12. *Кобильник Т. П.* Використання міждисциплінарних зв'язків при навчанні математичної інформатики у педагогічному університеті // Наук. часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Сер.

2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2010. Вип. 8(15). С.143–148.

13. *Козлов В. В., Томашевська Т. В., Кузнецов М. І.* Використання міждисциплінарних зв'язків при підготовці майбутніх фахівців зі статистики // Статистика України. 2018. № 1. С. 52–60

14. *Коржова О. В.* Теоретичні аспекти міждисциплінарних зв'язків математичних дисциплін з дисциплінами циклу професійної підготовки майбутніх фахівців із організації інформаційної безпеки // Фізико-математична освіта. 2017. Вип. 2(12). С. 89–93.

15. *Страх О. П., Лукашова Т. Д.* Міждисциплінарні зв'язки при вивченні деяких тем дискретної математики та диференціальних рівнянь // Фізико-математична освіта. 2021. Вип. 3(29). С. 112–118.

16. *Страх О. П.* Налагодження міждисциплінарних зв'язків при вивченні різних математичних дисциплін // Зб. наук. матеріалів LXIX міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції «Світ під час пандемії: нові виклики та загрози», 2021. С. 115.

17. *Шкура І.* Зарубіжний досвід упровадження міждисциплінарних освітніх програм та можливості його застосування в Україні // Наук. записки БДПУ. Сер.: Педагогічні науки. 2020. Вип. 2. С. 114–127.

03.12.2021

Відомості про авторів:

Котух Євген Володимирович — кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки, Сумський державний університет; Україна, e-mail: yevgenkotukh@gmail.com; ORCID 0000-0003-4997-620X; Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=5BH3EG4AAAAJ>

Любчак Володимир Олександрович — кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри кібербезпеки, Сумський державний університет, Україна, e-mail: v.liubchak@dcs.sumdu.edu.ua; ORCID 0000-0002-7335-6716

Мартінова Наталія Сергіївна — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри математичного аналізу і методів оптимізації, СумДУ, Україна, e-mail: martynova.sumdu@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0057-471X ; <https://scholar.google.com/citations?hl=ru&user=csoXRRIAAAAAJ>

Страх Олександр Петрович — кандидат фізико-математичних наук, старший викладач кафедри кібербезпеки, Сумський державний університет, Україна, e-mail: o.strakh@dcs.sumdu.edu.ua; ORCID 0000-0002-7680-5716

Рябокін Марина Валеріївна — кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансових ринків та технологій, Державний податковий університет; Україна, e-mail: marina.riabokin@gmail.com; ORCID 0000-0002-6724-9498; Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=kviQRZgAAAAJ&hl=uk>