

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки» (№ 503)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Анатолій Шостак
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«29» серпня 2025 р.

**СИЛАБУС *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

«Теорія інформації та кодування»

Галузь знань: 12 "Інформаційні технології"
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Системне програмування
(найменування освітньої програми)

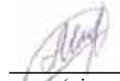
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків 2025 рік

Розробник: доцент кафедри №503, к.т.н, доцент, Марина КОЛІСНИК

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри _____

«Комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки»

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » 08 2025 р.

Завідувач кафедри _____ д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Вячеслав ХАРЧЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Представник здобувачів освіти:


(підпис)

Поліна ОГАРКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1 Загальна інформація про викладача



ПІБ: Колісник Марина Олександрівна

Посада: доцент кафедри «Комп'ютерних систем,
мереж і кібербезпеки»

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Е-mail: m.kolisnyk@csn.khai.edu

Перелік дисциплін, які викладає:

"Теорія інформації та кодування"

Напрями досліджень: Інтернет речей,
Гарантоздатність, Кібербезпека, Надійність,
Методи оптимізації, Методи обробки сигналів

2 Опис навчальної дисципліни

Форма навчання	денна, заочна
Семестр	4
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<i>денна</i> : 3 кредити ЄКТС / 90 годин (48 аудиторних, з яких: лекції – 32, лабораторні – 16; самостійна робота – 42); <i>заочна</i> : 3 кредити ЄКТС / 90 годин (12 аудиторних, з яких: лекції – 6, лабораторні – 6; самостійна робота – 78).
Види навчальної діяльності	Лекції, лабораторні роботи, розрахункова робота, самостійна робота здобувача
Види контролю	Поточний та модульний контроль, семестровий контроль – залік
Пререквізити	«Вища математика. Теорія ймовірностей та математична статистика», «Дискретна математика», «Моделі та структури даних», «Технології програмування».

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета: Метою викладання навчальної дисципліни “Теорія інформації та кодування” є оволодіння основними положеннями теорії інформації і кодування, такими, як поняття про ентропію і кількісні заходи вимірювання інформації, основними теоремами теорії інформації для дискретних каналів зв'язку, відомостями про принципи ефективного і завадостійкого кодування.

Завдання: Вивчення базових понять теорії інформації, методів її обчислення, вимірювання ентропії, основних показників інформаційних систем, а також теорії кодування.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

ФК5. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ФК11. Здатність оформляти отримані робочі результати у вигляді презентацій, науково-технічних звітів.

ФК15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів

комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.

ПРН16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення.

ПРН19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

ПРН20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1

Основи теорії інформації з точки зору кібербезпеки. Кодування інформації при передачі по дискретному каналу без завад і з завадами. Основні алгоритми ефективного кодування.

Тема 1: Введення в теорію інформації та кодування

Стисла анотація. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Теорія інформації та кодування». Предмет теорії інформації. Теоретична і прикладна спрямованість дисципліни. Зв'язок даного курсу з іншими дисциплінами. Розрахунки показників теорії інформації та кодування впливають на кібербезпеку систем і мереж.

Тема лекції 1: Введення в теорію інформації та кодування.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання навчально-методичних матеріалів з дисципліни. Формування питань до викладача щодо структури та змісту курсу.

Тема 2: Оцінка кількості інформації та розрахунок ентропії в мережах передачі інформації.

Стисла анотація. Поняття інформації. Підходи до вимірювання інформації. Ентропія та її вимірювання, методи вимірювання ентропії в мережі.

Ентропія як міра невизначеності вибору. Повідомлення як сукупність відомостей про стан фізичної системи. Ступінь невизначеності фізичної системи як функція числа станів і їх ймовірності.

Вимоги до міри невизначеності вибору. Правила визначення ентропії по Шеннону і по Хартлі. Основні властивості ентропії. Інформаційна ентропія джерела і Приклади визначення ентропії простих ансамблів.

Тема лекції 2: Оцінка кількості інформації та розрахунок ентропії в мережах передачі інформації.

Лабораторна робота 1. Оцінка кількості інформації та ентропії дискретного джерела повідомлень.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання правил визначення ентропії за Шенноном і Хартлі. Виконання розрахунків ентропії для простих ансамблів, підготовка до лабораторної роботи.

Тема 3: Основні види ентропії та взаємна інформація.

Стисла анотація. Априорна і апостеріорна ймовірність і їх роль при оцінці невизначеності системи. Часткова кількість інформації і її властивості. Середня кількість інформації, що переноситься одним символом по каналу і його властивості. Приклади визначення кількості інформації для простих ансамблів.

Тема лекції 3: Основні види ентропії та взаємна інформація.

Самостійна робота здобувача: Вивчення априорної та апостеріорної ймовірності та їх ролі в оцінці невизначеності системи. Опрацювання властивостей часткової та середньої кількості інформації, розрахунок взаємної інформації.

Тема 4: Інформаційні характеристики систем передачі інформації.

Стисла анотація. Інформаційні характеристики джерела дискретних повідомлень. Основні моделі джерела дискретних повідомлень: джерело з пам'яттю і без пам'яті, ергодичне джерело повідомлення. Які властивості налаштування політик кібербезпеки існують в різних технологіях передачі даних. Властивості ергодичних послідовностей символів. Надмірність. Продуктивність джерела дискретних повідомлень. Приклади визначення характеристик джерел дискретних повідомлень.

Тема лекції 4: Інформаційні характеристики систем передачі інформації.

Лабораторна робота 2. Розрахунок оптимального коду з використанням методу Шеннона-Фано.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання моделей джерела дискретних повідомлень: з пам'яттю, без пам'яті, ергодичного. Підготовка до лабораторної роботи з розрахунку оптимального коду методом Шеннона-Фано.

Тема 5: Кодування сигналів: методи оптимального кодування.

Стисла анотація. Основні поняття теорії кодування. Цілі кодування. Навіщо кодувати повідомлення з точки зору кібербезпеки? Узгодження каналу та сигналу. Роль оптимального кодування.

Тема лекції 5: Кодування сигналів: методи оптимального кодування.

Самостійна робота здобувача: Вивчення цілей кодування та принципів узгодження каналу і сигналу. Опрацювання ролі оптимального кодування в контексті захисту інформації.

Тема 6: Основні алгоритми ефективного кодування.

Стисла анотація Кодування сигналів. Як змінюється криптозахисність повідомлення при використанні ефективних кодів. Методи оптимального кодування. Метод Шеннона-Фано.

Тема лекції 6: Основні алгоритми ефективного кодування.

Лабораторна робота 3. Обчислення інформаційних втрат при передачі повідомлень по дискретному каналу зв'язку з шумами.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання алгоритму методу Шеннона-Фано та аналіз ефективності кодування. Підготовка до лабораторної роботи з обчислення інформаційних втрат при передачі повідомлень.

Тема 7: Канали зв'язку.

Стисла анотація. Моделі дискретних каналів: канали з пам'яттю і без пам'яті, стаціонарні та нестаціонарні. Двійковий симетричний канал. Ідеальний канал зв'язку. Моделі радіоканалів, основні види шифраторів в каналі зв'язку.

Тема лекції 7: Канали зв'язку.

Самостійна робота здобувача: Вивчення моделей дискретних каналів: стаціонарних, нестаціонарних, з пам'яттю і без пам'яті. Опрацювання принципів двійкового симетричного каналу та моделей радіоканалів.

Тема 8: Моделі каналів зв'язку та їх основні параметри.

Стисла анотація. Швидкості передачі по каналу. Пропускна спроможність каналів з завадами і без завад. Приклади визначення інформаційних характеристик простих каналів. Об'єм сигналу, об'єм каналу. Динамічний діапазон каналу зв'язку. Тривалість передачі інформації по каналу зв'язку. Смуга пропускання каналу зв'язку.

Лабораторна робота 4. Обчислення інформаційних втрат при передачі повідомлень по дискретному каналу зв'язку з шумами.

Тема лекції 8: Моделі каналів зв'язку та їх основні параметри

Самостійна робота здобувача: Вивчення параметрів каналів зв'язку: об'єму сигналу, динамічного діапазону, смуги пропускання. Підготовка до лабораторної роботи з обчислення пропускнуої спроможності каналу з завадами.

Модульний контроль 1.

Змістовний модуль 2

Модуль 2 Кодування інформації при передачі по дискретному каналу з завадами.

Змістовний модуль 2. Основи завадостійкого кодування.

Тема 9: Стиснення інформації: основні терміни та визначення.

Стисла анотація. Теорема Шеннона про кодування для каналу з завадами. Роль теорема Шеннона в становленні правильних переконань на принципові можливості техніки зв'язку.

Тема лекції 9: Стиснення інформації: основні терміни та визначення.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання теорема Шеннона про кодування для каналу з завадами. Вивчення принципів можливостей техніки зв'язку на основі теоретичних засад стиснення інформації.

Тема 10: Кодування сигналів: методи оптимального кодування, особливості коду Хаффмана.

Стисла анотація. Методи стискання інформації. Метод кодування Хаффмана. Арифметичні коди. Недоліки системи ефективного кодування. Приклади ефективного кодування простих повідомлень. Порівняльний аналіз методів кодування некорельованої послідовності символів: Шеннона-Фано, Хаффмана, арифметичним кодом.

Тема лекції 10: Кодування сигналів: методи оптимального кодування, особливості коду Хаффмана

Лабораторна робота 5. Стиснення текстової інформації. Метод Хаффмана. Метод арифметичного кодування.

Самостійна робота здобувача: Порівняльний аналіз методів кодування: Шеннона-Фано, Хаффмана, арифметичного коду. Підготовка до лабораторної роботи зі стиснення текстової інформації методами Хаффмана та арифметичного кодування.

Тема 11: Завадостійкі коди: аналіз сучасних технологій передачі даних з точки зору використання завадостійких кодів.

Стисла анотація: Основні поняття. Надмірність коду і загальні принципи введення надмірності. Дозволені і заборонені кодові комбінації. Лінійні коди. Блокове кодування і його переваги. Кратність помилки. Поняття про кодову відстань. Зв'язок здатності коду, що коректує, з кодовою відстанню. Мінімальна кодова відстань для виявлення помилки і для виправлення помилки. Алгоритми кодування і декодування безперервними кодами. Згорткові коди.

Тема лекції 11: Завадостійкі коди: аналіз сучасних технологій передачі даних з точки зору використання завадостійких кодів.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання понять кодової відстані, кратності помилки та принципів введення надмірності. Вивчення алгоритмів кодування і декодування безперервними та згортковими кодами.

Тема 12: Систематичні коди.

Стисла анотація. Методи кодування: матричний, системою рівнянь, поліноміальний. Синдром та виявлення помилки лінійним блоковим кодом. Породжуюча матриця. Перевірочна матриця.

Тема лекції 12: Систематичні коди

Лабораторна робота 6. Дослідження системи передачі дискретної інформації з використанням коду Хеммінга.

Самостійна робота здобувача: Опрацювання методів кодування: матричного, системою рівнянь, поліноміального. Підготовка до лабораторної роботи з дослідження системи передачі з використанням коду Хеммінга.

Тема 13: Коди Хеммінга.

Стисла анотація. Алгоритми кодування кодом Хеммінга при використанні різних методів і різних умовах.

Тема лекції 13: Коди Хеммінга

Самостійна робота здобувача: Опрацювання алгоритмів кодування кодом Хеммінга при різних методах та умовах. Відпрацювання практичних навичок виявлення та виправлення помилок.

Тема 14: Циклічні коди.

Алгоритми кодування і декодування циклічними кодами. Коди BCH. Коди Ріда-Соломона. Кінцеві поля в кодуванні.

Тема лекції 14: Циклічні коди

Лабораторна робота 7. Вивчення принципів кодування циклічних кодів

Самостійна робота здобувача: Опрацювання алгоритмів кодування і декодування циклічними кодами, кодами BCH та Ріда-Соломона. Підготовка до лабораторної роботи з вивчення принципів кодування циклічних кодів та кінцевих полів.

Тема 15: Основні поняття прикладної теорії інформації та кодування. Марківське джерело інформації. Ентропія Марківського джерела інформації.

Тема лекції 15: Марківське джерело інформації. Ентропія Марківського джерела інформації.

Тема лекції 16: Байєсовські мережі довіри та їх застосування в теорії інформації та кодування.

Самостійна робота здобувача: Вивчення марківських джерел інформації та методів розрахунку їх ентропії. Опрацювання принципів байєсовських мереж довіри та їх застосування в теорії інформації і кодування.

Модульний контроль 2.

5. Індивідуальні завдання

Курс передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання “Розробка програмного ІТ проекту”.

Результат розрахунків та моделювання оформлюється у письмовий звіт. Здобувачам також рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення та аналізу.

6. Методи навчання

Словесні, наочні, практичні; пояснювально-ілюстративні, репродуктивні, частково-пошукові; перевірки та оцінювання знань, умінь і навичок, усного викладу знань, закріплення навчального матеріалу, самостійної роботи з осмислення й засвоєння нового матеріалу.

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, електронного тестування, підсумковий контроль у вигляді заліку.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...7	3	0...21
Модульний контроль	0...16	1	0...16
Змістовий модуль 2			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...7	4	0...28
Модульний контроль	0...15	1	0...15

Виконання і захист РР	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Умовою допуску до семестрового контролю (заліку) є виконання та захист не менше 4 лабораторних робіт.

Семестровий контроль у вигляді заліку проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску. Під час складання заліку здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з двох теоретичних та одного практичного запитань, максимальна кількість за кожне із запитань, складає 33,3 балу.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60–74): Здобувач засвоїв основні поняття теорії інформації, вміє розраховувати ентропію джерела та застосовувати базові методи ефективного й завадостійкого кодування. Допускає окремі помилки при виконанні розрахункових завдань.

Добре (75–89): Здобувач впевнено застосовує методи оптимального кодування (Шеннона-Фано, Хаффмана), аналізує характеристики дискретних каналів зв'язку, будує та декодує завадостійкі коди (Хеммінга, циклічні). Виконав усі лабораторні роботи й розрахункову роботу на достатньому рівні.

Відмінно (90–100): Здобувач у повному обсязі засвоїв навчальний матеріал, вільно оперує методами теорії інформації, самостійно аналізує та синтезує системи кодування, аргументовано захищає результати. Виявляє творчий підхід при розв'язанні нестандартних задач.

Таблиця 8.2 – Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	
		Зараховано
		Не зараховано

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування лабораторних занять. Здобувачі, які за певних обставин не можуть регулярно відвідувати лабораторні заняття, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після пропуску. Здобувачі, які станом на початок

екзаменаційної сесії мають понад 70% невідпрацьованих пропущених занять, до відпрацювання не допускаються.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

Сторінка дисципліни у системі дистанційного навчання “Ментор” [Ел.ресурс]:
URL: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=7370>.

11. Рекомендована література

Основна:

1. Markowsky, George. "Information theory". Encyclopedia Britannica, 12 Apr. 2024, <https://www.britannica.com/science/information-theory>. Accessed 29 April 2024.
2. Robert M.Gray. Entropy and information theory. - New York, Springer Verla, 2023. - 324 p.
3. Беркман Л.Н., Бондарчук А.П., Гайдур Г.І., Чумак Н.С. «Кодування джерел інформації та каналів зв'язку. Частина 3». - 2018.
4. Polyansjiy, Y., Wu, Y. Information theory: From coding to learning. Cambridge University Press, 2024. - 748 p. DOI: <https://10.1017/9781108966351>.
5. Основи теорії інформації та кодування: підручник / І.В. Кузьмін, І.В. Трошин, А.І. Кузьмін, В.О. Кедрус, В.Р. Любчик. За ред. І.В. Кузьміна. - 3-є вид., перероблене і доповнене. - Хмельницький: ХНУ, 2009. - 737 с. ISBN 978-966-330-063-4.

6. Основи теорії інформації та кодування: навч. посібник / І.А. Прокопишин, Р.С. Рикалюк, В.Ф. Чекурін, К.А. Червінка. - Електр. Вид. - Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2023. - 156 с.

7. Фетюхіна Л.В. Теорія інформації та кодування: науч. методичн. посібник / Л.В. Фетюхіна, О.А. Бутова - Харків: НТУ "ХП", 2012 - 68 с.

Додаткова:

8. Курко А.М. Введення в теорія інформації: посібник до вивчення дисципліни теорія інформації для студентів за напрямом підготовки 6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / укл. А.М. Курко, В.Я. Решетник. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017, 108 с.

9. Fundamentals in Information Theory and Coding. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.springer.com/gp/book/9783642203466>. 2014.

10. Теорія інформації і кодування: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 124 «Системний аналіз» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.Є.Коваленко. Електронні текстові дані (1 файл: 5,758 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020, 248 с.

11. Soloviev V. Entropy Analysis of Crisis Phenomena for DJIA Index [Electronic resource] / Vladimir Soloviev, Andrii Bielinskyi, Viktoria Solovieva // ICTERI 2019: ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer : Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops. Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019 / Edited by : Vadim Ermolayev, Frédéric Mallet, Vitaliy Yakovyna, Vyacheslav Kharchenko, Vitaliy Kobets, Artur Kornilowicz, Hennadiy Kravtsov, Mykola Nikitchenko, Serhiy Semerikov, Aleksander Spivakovsky. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2393). – P. 434-449. – Access mode: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_375.pdf.

Інформаційні ресурси:

1. https://mentor.khai.edu/pluginfile.php?file=%2F347802%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FWiley.Interscience.Elements.of.Information.Theory.Jul.2006.eBook-DDU.pdf.

2. https://mentor.khai.edu/pluginfile.php?file=%2F347803%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FInformation%20theory.pdf.

3. https://mentor.khai.edu/pluginfile.php?file=%2F347804%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2Finformation-theory.pdf.

4. <https://scrumorg-website-prod.s3.amazonaws.com/drupal/2021-01/01-2021%20Kanban%20Guide.pdf?nexus-file=https%3A%2F%2Fscrumorg-website-prod.s3.amazonaws.com%2Fdrupal%2F2021-01%2F01-2021%2520Kanban%2520Guide.pdf>.

5. Elements of Information Theory - https://mentor.khai.edu/pluginfile.php?file=%2F347802%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FWiley.Interscience.Elements.of.Information.Theory.Jul.2006.eBook-DDU.pdf.

6. Tech Book - https://mentor.khai.edu/pluginfile.php?file=%2F347803%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2FInformation%20theory.pdf.
7. Tech Book - https://mentor.khai.edu/pluginfile.php?file=%2F347804%2Fmod_resource%2Fcontent%2F1%2Finformation-theory.pdf.