

Реферат

У роботі проводиться розрахунок площі криволінійного паркану змінної висоти. Висота задається як функція декартових координат точки паркана.

Пошук алгоритмів розв'язання задачі виконаний на сайті [?]. Для обчислення площі використовуються криволінійні інтеграли 1-го роду [?]. Чисельні приклади розв'язані у MATLAB [?]. Використовувалася також сторінка [?].

Іл. 0. Табл. 0. Лист. 0. Бібліогр.: 0 назв.

ЗМІСТ

Перелік познач та скорочень	5
Вступ	6
1 Огляд літературних джерел	8
1.1 Поняття про самонавчання	8
1.2 Порівняльне навчання	8
1.3 Deep InfoMax	9
1.4 Momentum Contrast	15
1.5 Висновки за розділом	20
2 Практична реалізація	21
2.1 Технології, використані у ДР	21
2.2 Дані для аналізу	22
2.3 Аналіз роботи алгоритму Deep InfoMax	22
2.4 Аналіз роботи алгоритму Momentum Contrast	25
2.5 Висновки за розділом	28
3 Економічне обґрунтування	29
3.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення й впровадження результатів науково-дослідної роботи	29
3.1.1 Розрахунок фонду заробітної плати виконавців	29
3.1.2 Відрахування на соціальне страхування	32
3.1.3 Розрахунок технологічної електроенергії	32
3.1.4 Розрахунок електроенергії, що витрачається на освітлення	33
3.1.5 Амортизаційні відрахування на устаткування	33
3.1.6 Вартість оренди приміщення	34
3.1.7 Інші витрати	34

3.1.8	Вартість впровадження й освоєння результатів НДР	35
3.1.9	Витрати на проведення НДР	35
3.1.10	Планові накопичення	35
3.1.11	Кошторис витрат на проведення НДР	36
3.2	Класифікація й кодування запропонованої інновації	36
3.3	Розрахунок економічного ефекту від впровадження результатів НДР	38
3.4	Укрупнена оцінка прибутковості запропонованого інноваційного проекту	39
3.5	Висновки за розділом	42
4	Охорона праці і навколишнього середовища	44
4.1	Аналіз умов праці на робочому місці	44
4.1.1	Загальна характеристика виробничого приміщення	45
4.1.2	Небезпечні та шкідливі фактори	47
4.2	Захист від шкідливого впливу факторів виробничого середовища	50
4.3	Електробезпека	51
4.3.1	Вибір запобіжника	53
4.3.2	Вибір апарата захисту	54
4.3.3	Визначення струму короткого замикання фази на корпус ЕУ	54
4.3.4	Визначення повного опору трансформатора	54
4.3.5	Визначення повного опору петлі фаза–нуль	55
4.4	Перевірка виконання умов надійності та ефективності роботи занулення	57
4.5	Пожежна безпека	58
4.6	Охорона навколишнього середовища	59
4.7	Висновки за розділом	60

5	Цивільний захист	61
5.1	Оповіщення населення	61
5.1.1	Сигнали оповіщення в мирний час	63
5.1.2	Сигнали оповіщення в воєнний час	64
5.1.3	Заходи протирадіаційного та протихімічного захисту .	65
5.2	Висновки за розділом	66
	Висновки	67
	Список джерел інформації	68

ПЕРЕЛІК ПОЗНАК ТА СКОРОЧЕНЬ

ВНП – внутрішня норма прибутковості;
ДБН – державна будівельна норма;
ДСанПіН – державні санітарні правила і норми;
ДСН – державна санітарна норма;
ДСТУ – державний стандарт України;
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
КПО – коефіцієнт природного освітлення;
НАПБ – нормативно-правовий акт з питань пожежної безпеки
НДР – науково-дослідна робота;
НДОКР – науково-дослідна і дослідно-конструкторська робота;
НПАОП – нормативно-правовий акт з охорони праці;
ОТПВ – основи техніко-економічного проектування виробництва;
ПУЕ – правила улаштування електроустановок;
ЧПВ – чиста поточна вартість;
BN – batch normalization;
DIM – Deep InfoMax;
DNN – deep neural network;
DV – Donsker & Varadham;
JSD – Jensen-Shannon divergence;
KL – Kullback-Leibler;
MI – mutual information
MINE – mutual information neural estimation;
NCE – noise-contrastive estimation;
NLP – natural language processing;
SSL – self-supervised learning;
TL – transfer learning.

ВСТУП

Ми живемо в часи, коли інформаційні технології почали займати визначальну роль у житті людства. Зараз важко уявити життя без телефонів, планшетів, комп'ютерів, розумних годинників та інших девайсів, за допомогою яких можна покращити якість сна, автоматизувати процеси на виробництві, дізнатись думку населення з певного питання та безліч інших сфер діяльності в яких застосовуються інформаційні технології. Завдяки зростанню обчислювальних потужностей та об'ємів зберігаємих даних став можливим новий стрибок у розвитку машинного навчання, завдяки якому, в свою чергу, технології почали ще краще поліпшувати наше життя. В останні роки дуже стрімко розвиваються нейронні мережі (neural networks) та глибинні нейронні мережі (deep neural networks, DNN). Існує багато різноманітних методологій та підрозділів нейронних мереж, одним з яких є самонавчання.

Термін самонавчання (self-supervised learning, SSL) використовувався у різних контекстах та сферах, таких як навчання уявлень (representation learning), нейронні мережі, робототехніка, обробка природних мов (natural language processing, NLP) та навчання з посиленням (reinforcement learning). У всіх випадках основна ідея полягає в тому, щоб автоматично генерувати якийсь контрольний сигнал для вирішення якогось завдання (як правило, вивчати подання даних або автоматично розмічати набір даних) [1].

В типовій SSL задачі ми на вході маємо величезну нерозмічену вибірку, SSL-завдання полягає у тому, що необхідно розробити алгоритм, що для кожного об'єкта сформує псевдо-мітку (pseudo label), але нас цікавить не стільки якість рішення придуманого нами завдання (її називають pretext task), скільки представлення (representation) об'єктів, яке буде вивчено в процесі її рішення. Це представлення можна в подальшому використовувати вже при вирішенні будь-якої задачі з мітками, яку називають наступною задачею (downstream task). Одна з головних причин самонавчання — невеликий обсяг розмічених даних. На відміну від навчання з частково розміченими даними в самонавчанні використовуються абсолютно довільні нерозмічену дані, що не мають

відношення до розв'язуваної задачі [2].

Сучасна обробка тексту (NLP) приблизно на 80% складається з самонавчання. Наприклад, за допомогою самонавчання можна знайти майже всі представлення слів (а також текстів). Наприклад, в класичному алгоритмі word2vec беруть нерозмічений корпус текстів, потім самі придумують завдання з мітками (по сусіднім словами передбачити центральне слово або, навпаки, по центральному передбачити сусідні із ним), навчають на цьому завданні просту нейронну мережу, в результаті виходять векторні уявлення слів, які вже використовуються в інших, ніяк не пов'язаних з попередньою, задачах. Часто такий підхід називають також трансферним навчанням (transfer learning, TL). В цілому, трансферне навчання більш широке поняття — коли модель, навчену для вирішення однієї задачі, використовують для вирішення іншої. У самонавчанні важливо, щоб розмітка в попередньої задачі (псевдо-мітки) отримувалась автоматично. SSL і TL мають переваги та недоліки. Важко судити, чи один кращий за інший. Існуючі емпіричні результати показують, що в певних завданнях SSL перевершує рівень TL; в інших завданнях TL працює краще, ніж SSL [3].

Останнім часом, набирає популярність підрозділ самонавчання — порівняльне навчання (contrastive learning).

Метою даної дипломної роботи є дослідження роботи алгоритмів порівняльного навчання Deep InfoMax та Momentum Contrast.

Були поставлені наступні задачі:

- 1) вибір даних для аналізу роботи алгоритмів;
- 2) реалізація методів Deep InfoMax та Momentum Contrast;
- 3) дослідження роботи вищеназваних методів на обраних даних;
- 4) порівняння роботи алгоритмів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Поняття про самонавчання

Самонавчання дає нам змогу безкоштовно використовувати різноманітні позначки, що постачаються з даними. Мотивація досить проста: нерозмічених даних дуже багато і їхня кількість постійно зростає, в той час як процес розмаркування даних доволі затратний, як з точки зору часу так і людських ресурсів. Щоб використовувати набагато більшу кількість немаркованих даних, одним із способів є правильне встановлення цілей навчання, щоб отримати контроль від самих даних.

До основних понять самонавчання можна віднести:

1) попередня задача (pretext task) — задача з штучно створеними мітками (псевдо-мітками), на якій навчається модель, щоб вивчити хороші представлення (representations) об'єктів;

2) псевдо-мітки (pseudo labels) — мітки, що ми можемо формувати автоматично, без ручної розмітки, але навчання яким сприяє формуванню хороших представлень;

3) подальша задача (downstream task) — задача на якій перевіряють якість отриманих представлень.

Майже у всіх експериментах в статтях по самонавчання на отриманих ознакових представленнях в наступних завданнях навчають прості моделі: логістичну регресію або метод найближчого сусіда. Таким чином, самонавчання — це напрямок в глибокому навчанні, який прагне зробити глибоке навчання процедурою попередньої обробки даних, тобто мережі потрібні для формування ознак, вони навчаються на дешевій розмітці великих наборів спочатку нерозмічену даних, а сама задача вирішується простою моделлю.

1.2 Порівняльне навчання

В останні роки значно менше робіт з вибору попередніх завдань, оскільки основним напрямком в самообученні стало порівняльне навчання

(Contrastive Learning). На вхід нейромережі подається пара об'єктів і вона визначає, схожі вони чи ні. Якщо об'єкт подається як аугментований патч з зображення, патчі однієї природи мають бути схожі, а різної — несхожі. В якості оптимізуємої функції використовується взаємна інформація або пов'язані з нею функції, наприклад, її нижня оцінка InfoNCE :

$$-E_x \left[\log \frac{\exp(f(x)^T f(x^+))}{\exp(f(x)^T f(x^+)) + \sum_{j=1}^{N-1} \exp(f(x)^T f(x_j))} \right], \quad (1.1)$$

де x — обраний патч, званий якірним,

x^+ — схожий на нього,

x_j — несхожий (їх $N - 1$ штука),

$f()$ — кодер об'єкту.

Така функція помилки майже перетворюється в Triplet Loss, якщо використовувати тільки один негативний приклад.

Розглянемо певні алгоритми порівняльного навчання.

1.3 Deep InfoMax

Окреслимо загальні параметри навчання кодеру для максимізації взаємної інформації між його входом і виходом. Нехай X і Y є областю визначення і областю значень неперервної та (майже скрізь) диференційованої параметричної функції, $E_\psi : X \rightarrow Y$ з параметрами ψ (наприклад, нейронна мережа).

Ці параметри визначають сімейство кодерів $E_\Psi = E_{\phi_\psi \in \Psi}$ над Ψ (множина нейронних мереж). Припустимо, що нам дано набір навчальних прикладів на входному просторі, $X: \mathbf{X} := x^{(i)} \in X_{i=1}^N$, з емпіричним розподілом ймовірностей \mathbb{P} . Визначимо $\mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}}$ як граничний розподіл, індукований проштовхуванням зразків від \mathbb{P} через E_ψ . Тобто, $\mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}}$ — розподіл за кодуваннями $y \in Y$, отриманий шляхом вибірки спостережень $x \sim X$, а потім вибірки $y \sim E_\psi(x)$ [4].

Приклад кодера даних зображень наведено на рис. 1.1, який буде використаний у наступних розділах, але цей підхід можна легко адаптувати для тимчасових даних.

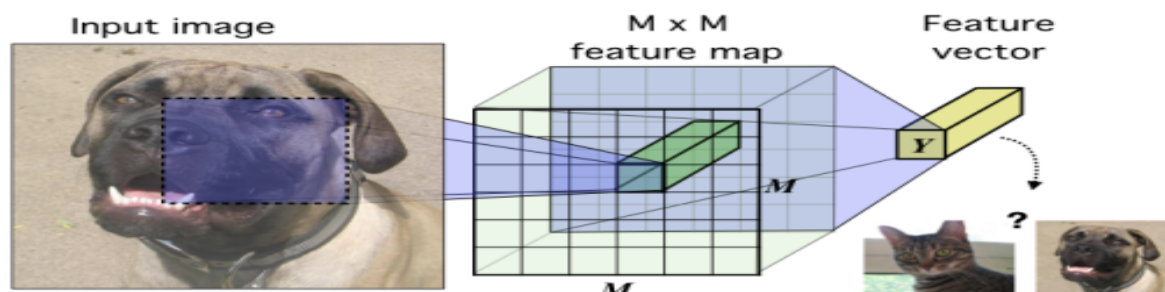


Рисунок 1.1 – Базова модель кодера в контексті саних зображень.

Подібно до принципу оптимізації infomax, можна стверджувати, що кодер повинен навчатися відповідно до таких критеріїв:

- 1) максимізація взаємної інформації;
- 2) статистичні обмеження.

Максимізація взаємної інформації полягає в тому, що необхідно знайти набір параметрів ψ , таких, щоб взаємна інформація $L(X; E_{\psi}(X))$ була максимальною. Залежно від кінцевої цілі, ця максимізація може бути здійснена за повним входом X , або деякою структурованою або «локальною» підмножиною.

В той час як статистичні обмеження відповідають за те, що залежно від кінцевої мети для подання, граничні $\mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}}$ повинні відповідати апіорному розподілу ймовірності \mathbb{V} . Грубо кажучи, це може бути використано для заохочення вихідних даних кодера до бажаних характеристик (наприклад, незалежності).

Формулювання цих двох цілей називається Deep InfoMax (DIM) [4].

Основні рамки максимізації взаємної інформації представлені на рисунку 1.2.

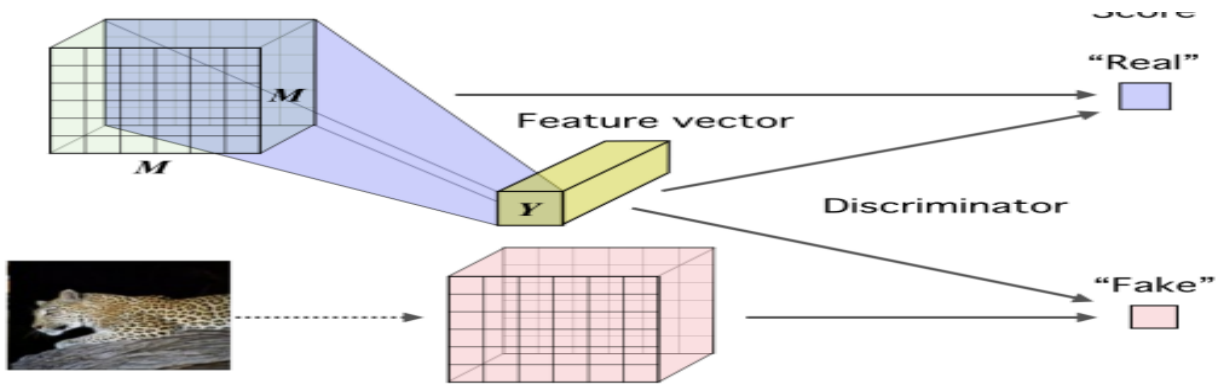


Рисунок 1.2 – Deep InfoMax (DIM) з глобальною $MI(X; Y)$ ціллю.

Підхід слідує взаємній інформаційній нейронній оцінці (MINE), яка оцінює взаємну інформацію шляхом підготовки класифікатора для розрізнення зразків, що надходять із спільного розподілу \mathbb{J} та відособленого розподілу \mathbb{M} випадкових величин X та Y . MINE використовує нижню межу для спільної інформації MI (від англійського mutual information) на основі представлення Донскер–Варадхана (DV) KL-дивергенції:

$$L(X; Y) := D_{KL}(\mathbb{J} || \mathbb{M}) \geq \hat{L}_{\omega}^{DV}(X; Y) := \mathbb{E}_{\mathbb{F}}[T_{\omega}(x, y)] - \log \mathbb{E}_{\mathbb{M}}[e^{T_{\omega}(x, y)}], \quad (1.2)$$

де $T_{\omega} : X \times Y \rightarrow \mathbb{R}$ функція дискримінатора, змодельована нейронною мережею з параметрами ω .

На найвищому рівні оптимізується \mathbb{E}_{ψ} одночасно оцінюючи та максимізуючи $L(X, E_{\psi}(X))$,

$$(\hat{\omega}, \hat{\psi})_G = \arg \max_{\omega, \psi} \hat{L}_{\omega}(X; E_{\psi}(X)), \quad (1.3)$$

де нижній індекс G позначає «глобальний».

Однак існують деякі важливі відмінності, які відрізняють цей підхід від MINE. По-перше, оскільки кодер і оцінювач взаємної інформації оптимізують одну і ту ж мету і вимагають подібних обчислень, ми ділимо шари між цими функціями, так що:

$$E_\psi = f_\psi \circ C_\psi \text{ та } T_{\psi,\omega} = D \circ g \circ (C_\psi, E_\psi), \quad (1.4)$$

де g - функція, яка поєднує вихідні дані кодера з нижчим шаром.

По-друге, враховуючи зацікавленість в максимальному збільшенні МІ і не турбуючись його точним значенням, можна покластися на розбіжності, не пов'язані з KL, які можуть запропонувати вигідні компроміси. Наприклад, можна визначити оцінювач МІ Дженсена-Шеннона:

$$\begin{aligned} \hat{L}_{\omega,\psi}^{(infoNCE)}(X; E_\psi(X)) &:= \\ &:= \mathbb{E}_{\mathbb{P}} \left[T_{\psi,\omega}(x, E_\psi(x)) - \mathbb{E}_{\tilde{\mathbb{P}}} \left[\log \sum_{x'} e^{T_{\psi,\omega}(x', E_\psi(x))} \right] \right], \end{aligned} \quad (1.5)$$

де x — вхідний зразок,

x' — вхід, відібраний з $\tilde{\mathbb{P}} = \mathbb{P}$,

$sp(z) = \log(1 + e^z)$ — функція softplus.

Подібний оцінювач з'явився у контексті мінімізації сумарної кореляції, і це становить знайому двійкову перехресну ентропію. Це добре розуміється з точки зору оптимізації нейронних мереж, що на практиці такий підхід працює краще (наприклад, є стабільнішим), ніж ціль на основі DV. Інтуїтивно оцінювач, що базується на Йенсена-Шеннона, повинен поводитись подібно до оцінювача, що базується на DV в рівнянні (1.5), оскільки обидва діють як класифікатори, цілі яких максимізують очікуване \log -співвідношення з'єднання над добутком маржиналів.

Оцінка контрастності шуму (NCE, Noise-Contrastive Estimation) також може використовуватися з DIM шляхом максимізації:

$$\hat{L}_{\omega,\psi}^{infoNCE}(X; E_\psi(X)) := \mathbb{E}_{\mathbb{P}} \left[T_{\psi,\omega}(x, E_\psi) - \mathbb{E}_{\tilde{\mathbb{P}}} \left[\log \sum_{x'} e^{T_{\psi,\omega}(x', E_\psi(x))} \right] \right]. \quad (1.6)$$

Для DIM ключовою різницею між формулюваннями DV, JSD (Jensen-Shannon divergence) та infoNCE є те, чи з'являється очікування

над $\mathbb{P}/\tilde{\mathbb{P}}$ всередині \log або поза ним. Насправді ціль, що базується на JSD, відображає оригінальну формулювання NCE, яка формулює ненормалізовану оцінку щільності як двійкову класифікацію між розподілом даних та розподілом шуму. DIM встановлює розподіл шуму на добуток граничних значень на X/Y , а розподіл даних — на справжнє з'єднання. Формулювання infoNCE слідує версії NCE на основі softmax, подібній до тих, що використовуються у спільноті моделювання мов і яка має міцні зв'язки з бінарною перехресною ентропією в контексті порівняльного навчання. На практиці реалізації ці оцінювачі здаються досить схожими і можуть повторно використовувати більшість того самого коду. Дослідження JSD та infoNCE у експериментах дозволяє виявити, що використання infoNCE часто перевершує JSD у подальших завданнях, хоча цей ефект зменшується із більш складними даними. Однак для того, щоб infoNCE та DV вимагали великої кількості негативних зразків (зразки з $\tilde{\mathbb{P}}$), вони повинні бути конкурентоспроможними.

Критерій в рівнянні (1.3) можна використовувати для максимізації MI між входом і виходом, але в кінцевому рахунку це може бути небажаним залежно від завдання. Наприклад, тривіальний шум на рівні пікселів марний для класифікації зображень, тому подання може не отримати вигоди від кодування цієї інформації (наприклад, при навчанні з нульовим знімком, навчанні передачі тощо). Для того, щоб отримати представлення, більш придатне для класифікації, можна замість цього максимізувати середній MI між представленням високого рівня та локальними плямами зображення. Оскільки одному і тому ж представництву рекомендується мати високий MI з усіма патчами, це надає перевагу кодуванню аспектів даних, які спільно використовуються між патчами.

Припустимо, що вектор ознак має обмежену ємність (кількість одиниць та діапазон) і припустимо, що кодер не підтримує нескінченні вихідні конфігурації. Для максимізації MI між усім входом і поданням, кодер може вибрати який тип інформації на вході передається через кодер, наприклад, шум, характерний для локальних латок або пікселів. Однак, якщо кодер передає інформацію, характерну лише для деяких частин вводу, це не збільшує MI з будь-якими іншими патчами, які не містять

згаданого шуму. Це спонукає кодер віддавати перевагу інформації, яка передається у вхідних даних [4].

DIM-фреймворк представлено на рис. 1.3.

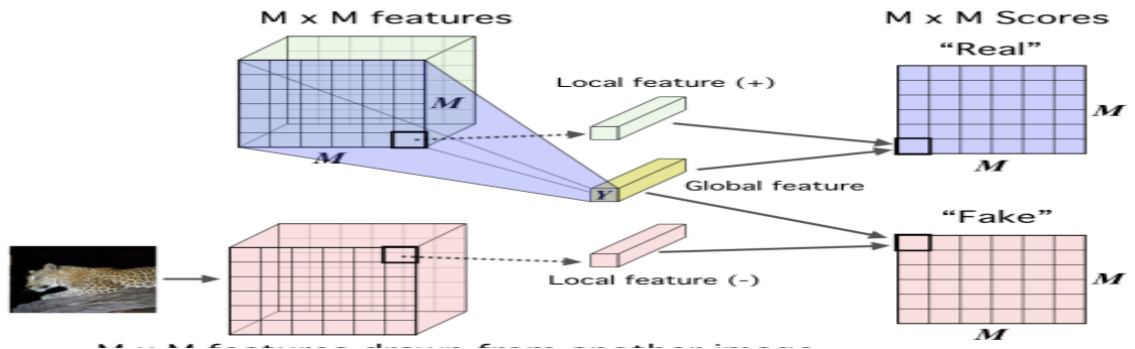


Рисунок 1.3 – Максимізація взаємної інформації між локальними та глобальними характеристиками.

Спочатку потрібно закодувати вхідні дані до карти об'єктів: $C_\psi = \{C_\psi^{(i)}\}_{i=1}^{M \times M}$, що відображає корисну структуру в даних, індексовану в цьому випадку i . Далі, можна узагальнити цю локальну карту об'єктів у загальну характеристику: $E_\psi = f_\psi \circ C_\psi(x)$. Потім необхідно визначити оцінювач МІ на глобальних та локальних парах, максимізуючи середню оцінку МІ:

$$(\hat{\omega}, \hat{\psi})_L = \arg \max_{\omega, \psi} \frac{1}{M^2} \sum_{i=1}^{M^2} \hat{L}_{\omega, \psi}(C_\psi^{(i)}(X); E_\psi(X)). \quad (1.7)$$

Абсолютна величина інформації є лише однією бажаною властивістю уявлення. Залежно від програми хороші уявлення можуть бути компактними, незалежними, розплутаними або незалежно керованими. DIM накладає статистичні обмеження на вивчені уявлення, неявно навчаючи кодер так, щоб образ міри $\mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}}$ збігався з попереднім \mathbb{V} . Це робиться шляхом навчання дискримінатора, $D_\phi : Y \rightarrow \mathbb{R}$, для оцінки розбіжності, $D(\mathbb{V} || \mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}})$. Після чого тренуємо кодер для мінімізації оцінки:

$$\begin{aligned}
(\hat{\omega}, \hat{\psi})_P \arg \min_{\psi} \arg \max_{\phi} \hat{D}_{\phi}(\mathbb{V} || \mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}}) = \mathbb{E}_{\mathbb{V}}[\log D_{\phi}(y)] + \\
+ \mathbb{E}_{\mathbb{P}}[\log (1 - D_{\phi}(E_{\psi}(x)))].
\end{aligned}
\tag{1.8}$$

Цей підхід подібний до того, що робиться в змагальних автокодерах, але без генератора. Він також схожий на шум як цілі, але тренує кодер, щоб він неявно відповідав шуму, а не використовував апіорні вибірки шуму як цілі.

Всі три цілі: глобальна та локальна максимізація МІ та попереднє узгодження можуть бути використані разом. І, таким чином, можна отримати критерій Deep InfoMax (DIM):

$$\begin{aligned}
\arg \max_{\omega_1, \omega_2, \psi} (\alpha \hat{L}_{\omega_1, \psi}(X; E_{\psi}(X)) + \frac{\beta}{M^2} \sum_{i=1}^{M^2} \hat{L}_{\omega_2, \psi}(X^{(i)}; E_{\psi}(X))) + \\
+ \arg \min_{\psi} \arg \max_{\phi} \gamma \hat{D}_{\phi}(\mathbb{V} || \mathbb{U}_{\psi, \mathbb{P}}),
\end{aligned}
\tag{1.9}$$

де ω_1 та ω_2 — параметри дискримінатора відповідно до глобальних та локальних цілей,
 α , β та γ — гіперпараметри.

1.4 Momentum Contrast

Порівняльне навчання та його останні розробки можна розглядати як навчання кодеру для завдання пошуку у словнику.

Розглянемо закодований запит q та набір закодованих зразків $\{k_0, k_1, k_2, \dots\}$, які є ключами словника. Припустимо, що у словнику є один ключ (позначений як k_+), який відповідає q . Контрастивна втрата — це функція, значення якої є низьким, коли q подібне до його позитивного ключа k_+ та відрізняється від усіх інших ключів (вважається негативним ключем для q). Можна перевизначити функцію InfoNCE:

$$L_q = -\log \frac{\exp(q \cdot k_+/\tau)}{\sum_{i=0}^K \exp(q \cdot k_i/\tau)}, \quad (1.10)$$

де τ — гіперпараметр.

Сума складається з однієї позитивної та K негативних екземплярів. Інтуїтивно, ця втрата є логарифмічною втратою класифікатора на основі $(K + 1)$ softmax, який намагається класифікувати q як k_+ . Функції контрастивних збитків можуть також базуватися на інших формах, таких як маржові збитки та варіанти збитків NCE.

Контрастивна втрата служить неконтрольованою цільовою функцією для навчання мереж кодера, що представляють запити та ключі. Загалом, подання запиту має значення $q = f_q(x^q)$, де f_q — це мережа кодера, а x^q — зразок запиту (так само, $k = f_k(x^k)$). Їх екземпляри залежать від конкретного попереднього завдання. Вхідними даними x^q та x^k можуть бути зображення, патчі або контекст, що складається з набору патчів. Мережі f_q і f_k можуть бути ідентичними, частково спільними або різними.

З вищенаведеної точки зору, порівняльне навчання — це спосіб побудови дискретного словника на безперервних вхідних даних, таких як зображення. Словник є динамічним у тому сенсі, що ключі вибираються випадково, а кодер ключів розвивається під час навчання. Гіпотеза полягає в тому, що хорошим можливостям можна навчитися за допомогою великого словника, який охоплює багатий набір негативних зразків, тоді як кодер ключів словника зберігається якомога послідовнішим, незважаючи на його розвиток. Виходячи з цього можна описати алгоритм Momentum Contrast.

В основі цього підходу лежить підтримка словника як черги зразків даних. Це дозволяє нам повторно використовувати закодовані ключі з безпосередніх попередніх міні-пакетів. Введення черги відокремлює розмір словника від розміру міні-партії. Розмір словника може бути набагато більшим, ніж типовий розмір міні-партії, і може бути гнучко та незалежно встановлений як гіперпараметр.

Зразки у словнику поступово замінюються. Поточна міні-партія

потрапляє до словника, а найстаріша міні-партія в черзі вилучається. Словник завжди представляє вибірккову підмножину всіх даних, тоді як додаткові обчислення ведення цього словника є керованими. Більше того, видалення найстарішої міні-партії може бути корисним, оскільки її закодовані ключі є найбільш застарілими і, отже, найменш відповідають найновішим.

Використання черги може зробити словник великим, але це також робить важким оновлення кодера ключа шляхом зворотного розповсюдження (градієнт повинен поширюватися на всі зразки в черзі). Наївним рішенням є копіювання кодера ключа f_k з кодера запиту f_q , ігноруючи цей градієнт. Але це рішення дає погані результати в експериментах. Припустимо, що такий збій спричинений швидко мінливим кодером, який зменшує узгодженість ключових подань. Пропонується оновити імпульс для вирішення цієї проблеми.

Формально, позначаючи параметри f_k як θ_k , а параметри f_q як θ_q , ми оновлюємо θ_k за допомогою:

$$\theta_k \leftarrow m\theta_k + (1 - m)\theta_q. \quad (1.11)$$

Тут $m \in [0, 1)$ — коефіцієнт імпульсу. Тільки параметри θ_q оновлюються шляхом зворотного розповсюдження. Оновлення імпульсу в рівнянні (1.11) змушує θ_k еволюціонувати більш плавно, ніж θ_q . Як результат, хоча ключі в черзі кодуються різними кодерами (в різних міні-партіях), різниця між цими кодерами може бути невеликою. В експериментах порівняно великий імпульс (наприклад, $m = 0,999$, за замовчуванням) працює набагато краще, ніж менший показник (наприклад, $m = 0,9$), що дозволяє припустити, що кодер ключів, який повільно розвивається, є стрижнем для використання черги.

МоСо — загальний механізм використання контрастивних втрат. Ми порівнюємо це з двома існуючими загальними механізмами на рис 1.4. Вони мають різні властивості щодо розміру та послідовності словника.

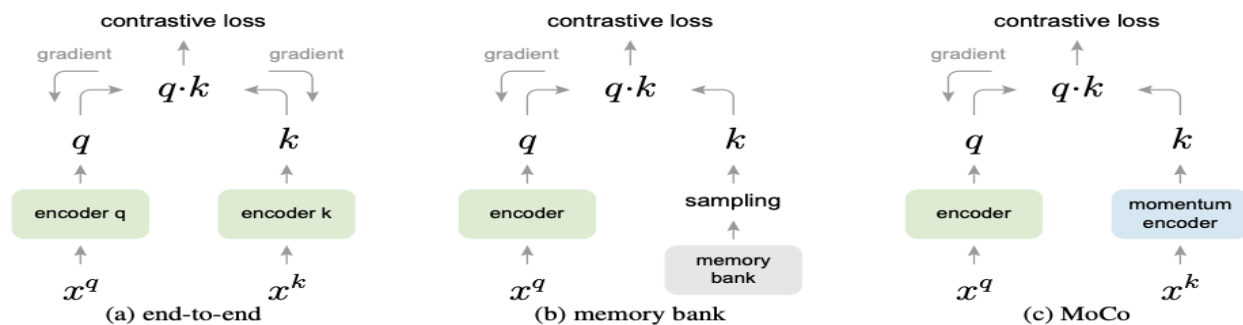


Рисунок 1.4 – Концептуальне порівняння трьох контрастивних механізмів втрат.

Оновлення end-to-end шляхом зворотного розповсюдження є природним механізмом. Він використовує зразки в поточній міні-партії як словник, тому ключі послідовно кодуються (тим самим набором параметрів кодера). Але розмір словника поєднується з міні-пакетним розміром, обмеженим обсягом пам'яті графічного процесора. Деякі останні методи засновані на завданнях підтексту, керованих місцевими позиціями, де розмір словника може бути збільшений на кілька позицій. Але для цих завдань можуть знадобитися спеціальні мережеві конструкції, такі як патчіфікація вводу або налаштування сприйнятливості розміру поля, що може ускладнити перенесення цих мереж на подальші завдання [5].

Іншим механізмом є підхід банк пам'яті (memory bank). Банк пам'яті складається з подань усіх зразків у наборі даних. Словник для кожної міні-партії вибірково вибирається з банку пам'яті без зворотного розповсюдження, тому він може підтримувати великий розмір словника. Однак представлення вибірки в банку пам'яті було оновлено, коли її востаннє бачили, тому вибірові ключі, по суті, стосуються кодерів на декількох різних етапах протягом усієї минулої епохи i , отже, менш послідовні. Оновлення імпульсу приймається на банку пам'яті. Її імпульс оновлення подається на поданнях того самого зразка, а не на кодері. Це оновлення імпульсу не має значення для нашого методу, оскільки MoCo не відстежує кожен зразок. Більше того, наш метод є більш ефективним в пам'яті, і його можна навчити на мільярдних даних, що може бути важко для банку пам'яті [5].

Порівняльне навчання може працювати з різними попередніми задачами.

Можна розглянути запит і ключ як позитивну пару, якщо вони походять з одного зображення, а в іншому — як негативну пару вибірки. Візьмемо два випадкові «види» одного і того ж зображення під час випадкового збільшення даних, щоб сформувати позитивну пару. Запити та ключі кодуються відповідними кодерами f_q та f_k . Кодером може бути будь-яка згорткова нейронна мережа.

Алгоритм Momentum Contrast для попередньої задачі можна реалізовувати по-різному. Наприклад: адаптувати нейронну мережу ResNet як кодер, чий останній повністю підключений шар (після загального середнього об'єднання) має вихід з фіксованим розміром (128-D). Цей вихідний вектор нормується за його L2-нормою. Це представлення запиту або ключа. Після чого потрібно обрати значення для аргументу τ з (1.10). Далі наведено параметр збільшення даних: обрізання 224×224 пікселів береться із зображення випадкового розміру, а потім піддається випадковому коливанию кольорів, випадковому горизонтальному перевертанню та випадковому перетворенню шкал сірого.

Обидва кодери f_q і f_k використовують пакетну нормалізацію (Batch Normalization, BN), як у стандартному ResNet. Можна показати, що використання BN заважає моделі засвоїти хороші уявлення.

Цю проблему можливо вирішити за допомогою тасування BN. Можна тренувати модель з декількома графічними процесорами та виконувати BN на зразках незалежно для кожного графічного процесора (як це робиться у звичайній практиці). Для кодера ключів f_k перемішується порядок зразків у поточній міні-партії перед розподілом між графічними процесорами (і перемішується назад після кодування). Порядок вибірки міні-партії для кодера запиту f_q не змінюється. Це гарантує, що статистична інформація про партії, яка використовується для обчислення запиту, та її позитивний ключ надходять із двох різних підмножин. Це ефективно вирішує проблему дозволяє тренуванню принести користь від BN.

Використання перемішаного BN може стати у нагоді також у end-to-

end оновленні. Це не має значення для банку пам'яті, який не страждає від цієї проблеми, оскільки позитивні ключі були від різних міні-пакетів у минулому.

1.5 Висновки за розділом

Порівняльне навчання — це техніка машинного навчання, яка використовується для вивчення загальних особливостей набору даних без міток, навчаючи моделі, які точки даних подібні чи різні [6].

В результаті огляду літературних джерел для аналізу були обрані алгоритми Deep InfoMax (DIM) та Momentum Contrast (MoCo).

2 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Даний розділ присвячується аналізу роботи алгоритмів Deep InfoMax та Momentum Contrast.

2.1 Технології, використані у ДР

Python — це легка в освоєнні, потужна мова програмування. Він має ефективні структури даних високого рівня і простий, але ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування [7].

Python став загальноприйнятою мовою програмування для багатьох сфер застосування науки про дані. Дана мова програмування поєднує в собі міць мов програмування з простотою використання предметно орієнтованих скриптових мов типу MATLAB або R.

В Python є бібліотеки для завантаження даних, візуалізації, статистичних обчислень, обробки природної мови, обробки зображень і багато чого іншого [8].

Також використовувався фреймворк Anaconda. Це безкоштовний, включаючи комерційне використання, і готовий до використання в середовищі підприємства дистрибутив Python, який об'єднує всі ключові бібліотеки Python, необхідні для роботи в області науки про дані, математики та розробки, в одному зручному для користувача крос-платформеному дистрибутиві [9].

Для тренування нейронних мереж було обрано бібліотеку PyTorch. PyTorch - це бібліотека для програм Python, яка сприяє побудові проектів глибокого навчання [10].

Також використовувалась бібліотеки NumPy та matplotlib. NumPy є основним пакетом для наукових обчислень з Python [11]. Matplotlib — це всебічна бібліотека для створення статичних, анімованих та інтерактивних візуалізацій у Python [12].

2.2 Дані для аналізу

Для демонстрації та аналізу роботи алгоритмів були використані дані з датасету CIFAR-10.

Набір даних CIFAR-10 складається з 60000 кольорових зображень розміром 32x32 у 10 класах, по 6000 зображень на клас. Існує 50000 навчальних зображень та 10000 тестових зображень [13].

Набір даних розділений на п'ять навчальних партій та одну тестову партію, кожна з 10000 зображень. Тестова партія містить рівно 1000 довільно обраних зображень з кожного класу. Навчальні партії містять решту зображень у довільному порядку, але деякі навчальні партії можуть містити більше зображень одного класу, ніж інші [13]. Навчальні партії містять рівно 5000 зображень від кожного класу.

Приклад зображень з датасету наведено у рис. 2.1.

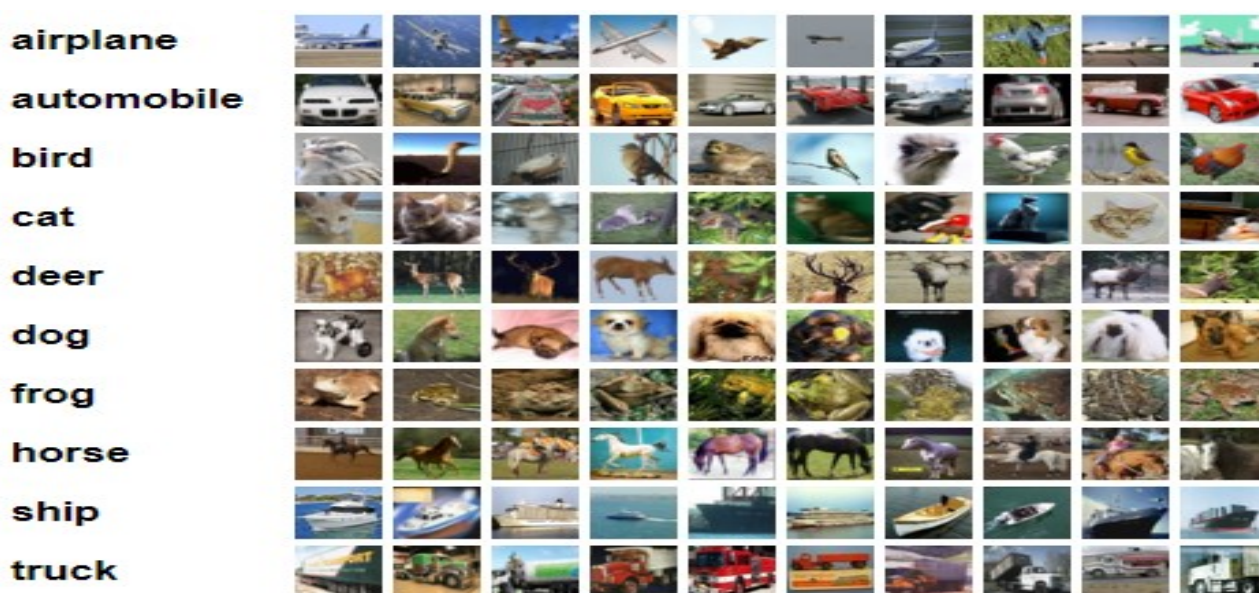


Рисунок 2.1 – Зображення з датасету CIFAR-10

2.3 Аналіз роботи алгоритму Deep InfoMax

Робота методу Deep InfoMax буде розглядатись в залежності від значень гіперпараметрів α , β та γ , а також коефіцієнту швидкості навчання. В кожному експерименті кількість епох навчання нейронної мережі складатиме 300.

Якщо взяти $\alpha = 0,1$, $\beta = 0,1$ та $\gamma = 0,1$, то помилка на тренувальних даних буде 12,73 % та модель тренувалась приблизно 14 годин.

На рис. 2.2 можна побачити, що модель доволі погано узагальнює результати.

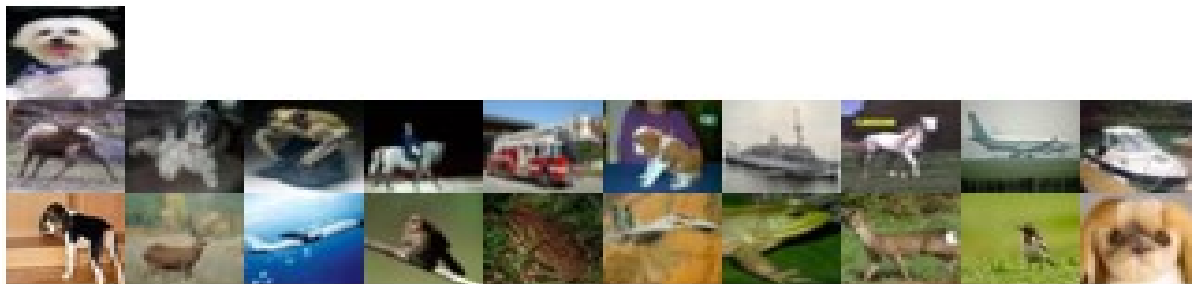


Рисунок 2.2 – Результати тестування при $\alpha = 0,1$; $\beta = 0,1$; $\gamma = 0,1$

У таблиці 2.1 представлено результати тестування при різних гіперпараметрах:

Таблиця 2.1 – Залежність роботи моделі від α , β та γ

α	β	γ	Помилка %	Час год.
0,1	0,1	0,1	12,73	14
0,3	0,3	0,3	14,88	12
0,5	0,5	0,5	7,56	11
0,5	0,1	0,3	8,34	12
0,6	0,6	0,6	4,43	9
0,6	0,1	0,3	6,74	9
0,7	0,7	0,7	3,98	8
0,7	1	0,7	5,22	9
0,7	1	0,3	6,72	8
0,7	1	0,1	3,16	7
0,5	0,7	0,1	2,57	6
0,5	0,9	0,1	1,28	6
0,5	1	0,1	1,45	6

Як можна спостерігати, найменша помилка отримується при $\alpha = 0,5$, $\beta = 0,9$ та $\gamma = 0,1$. Результати тестування можна побачити на рис. 2.3. Помилка на тестувальних даних складала 36,96 %.

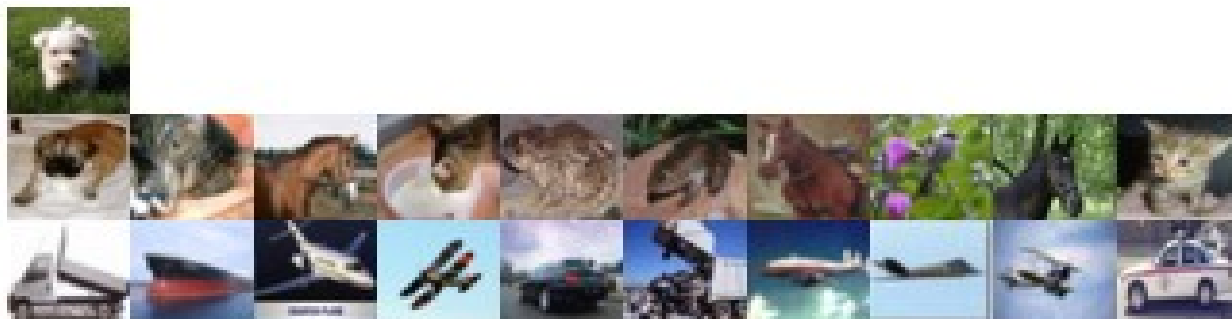


Рисунок 2.3 – Результати тестування при $\alpha = 0,5$; $\beta = 0,9$; $\gamma = 0,1$

Дані результати були отримані за умови, що коефіцієнт швидкості навчання дорівнював 0,001. На рис. 2.4 представлено залежність якості тренування від значень даного параметру.

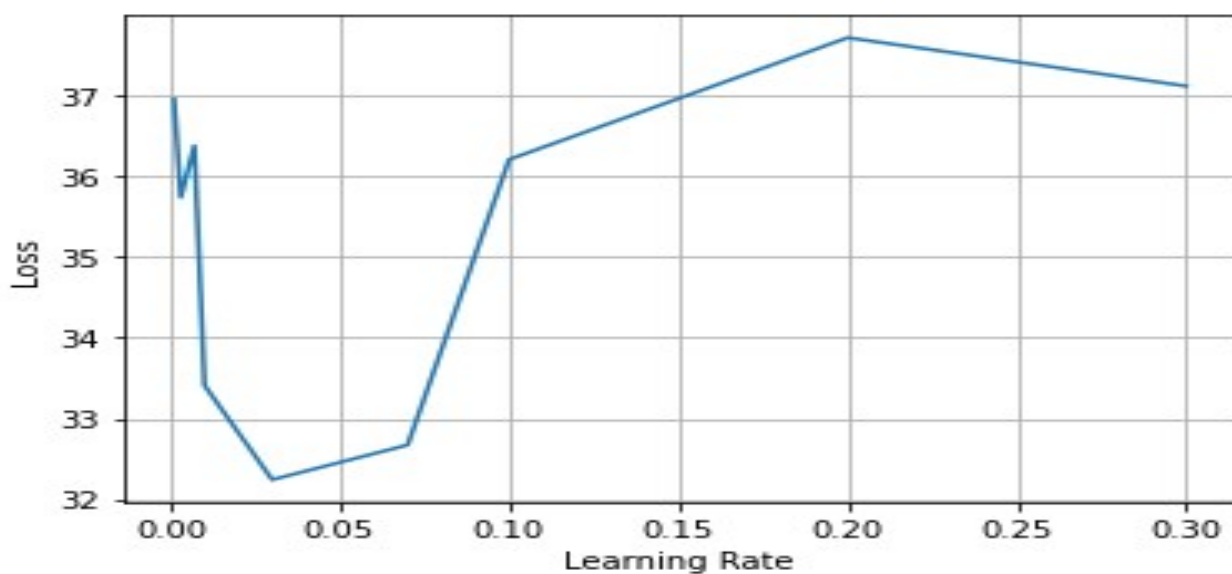


Рисунок 2.4 – Залежність якості тренування від коефіцієнту швидкості навчання

З рис. 2.4 видно, що найкращі результати отримуються при коефіцієнті 0,03. На рис. 2.5 можна бачити результати тестування. Помилка в такому випадку складає 32,24 % та час тренування – приблизно п'ять годин.

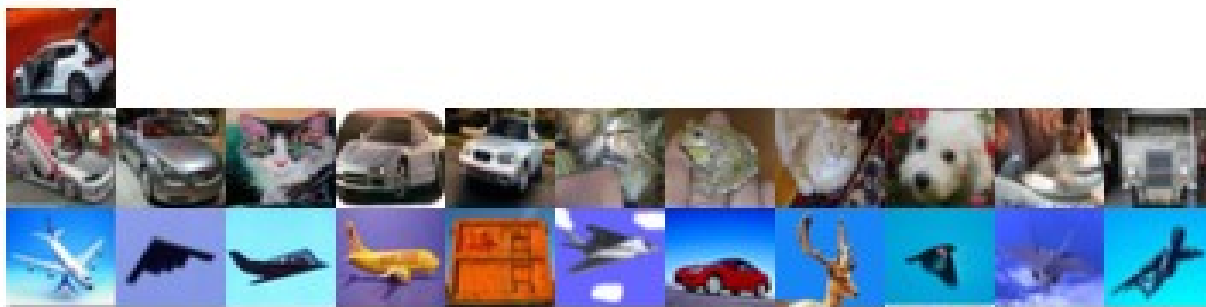


Рисунок 2.5 – Результати тестування при оптимальних параметрах

2.4 Аналіз роботи алгоритму Momentum Contrast

Робота методу Momentum Contrast буде розглядатись в залежності від значень гіперпараметру τ , та коефіцієнту швидкості навчання. В кожному експерименті кількість епох навчання нейронної мережі складатиме 300.

Якщо взяти $\tau = 0,01$, то помилка на тренувальних даних буде складати 17,64 % та модель тренувалась приблизно дев'ять годин.

На рис. 2.6 можна побачити, що модель доволі погано узагальнює результати.



Рисунок 2.6 – Результати тестування при $\tau = 0,01$

У таблиці 2.2 представлено результати тестування при різних гіперпараметрах:

Таблиця 2.2 – Залежність роботи моделі від τ

τ	Помилка %	Час год.
0,01	17,64	9
0,03	15,69	8
0,05	14,97	8
0,07	12,66	7
0,1	8,73	6
0,3	7,43	5
0,7	5,71	4
0,9	6,38	4

Як можна спостерігати, найменша помилка отримується за умови $\tau = 0,7$. Результати тестування можна побачити на рис. 2.7. Помилка на тестувальних даних складала 40,34 %.



Рисунок 2.7 – Результати тестування при $\tau = 0,7$

Дані результати були отримані за умови, що коефіцієнт швидкості навчання дорівнював 0,001. На рис. 2.8 представлено залежність якості

тренування від значень даного параметру.

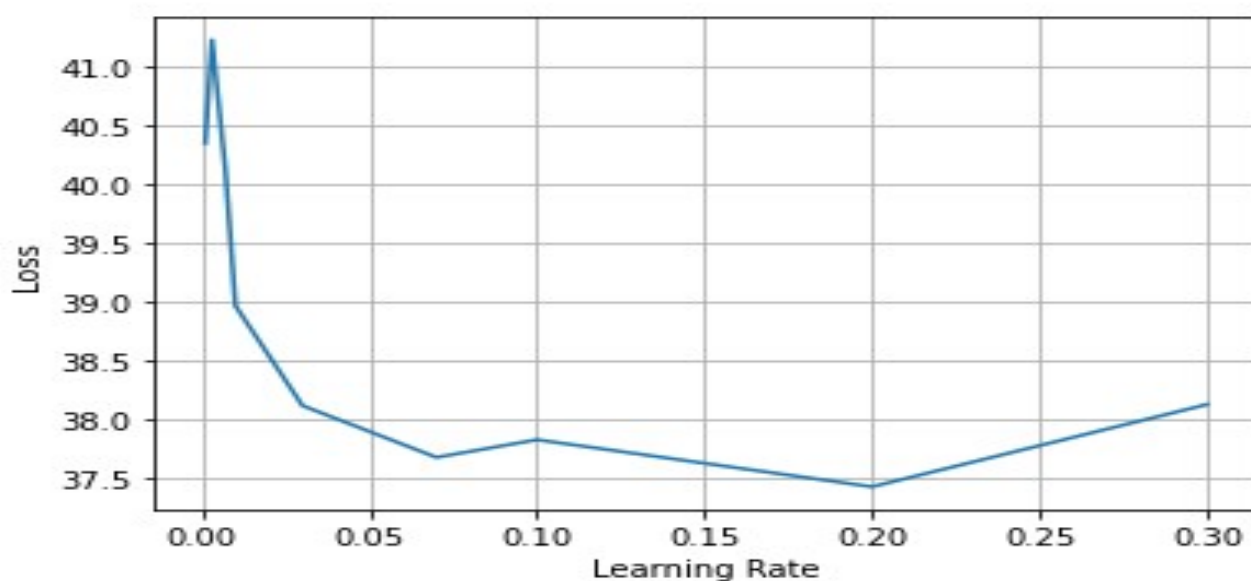


Рисунок 2.8 – Залежність якості тренування від коефіцієнту швидкості навчання

З рис. 2.8 видно, що найкращі результати отримуються при коефіцієнті 0,2. На рис. 2.9 можна бачити результати тестування. Помилка в такому випадку складає 37,42 % та час тренування – приблизно чотири години.

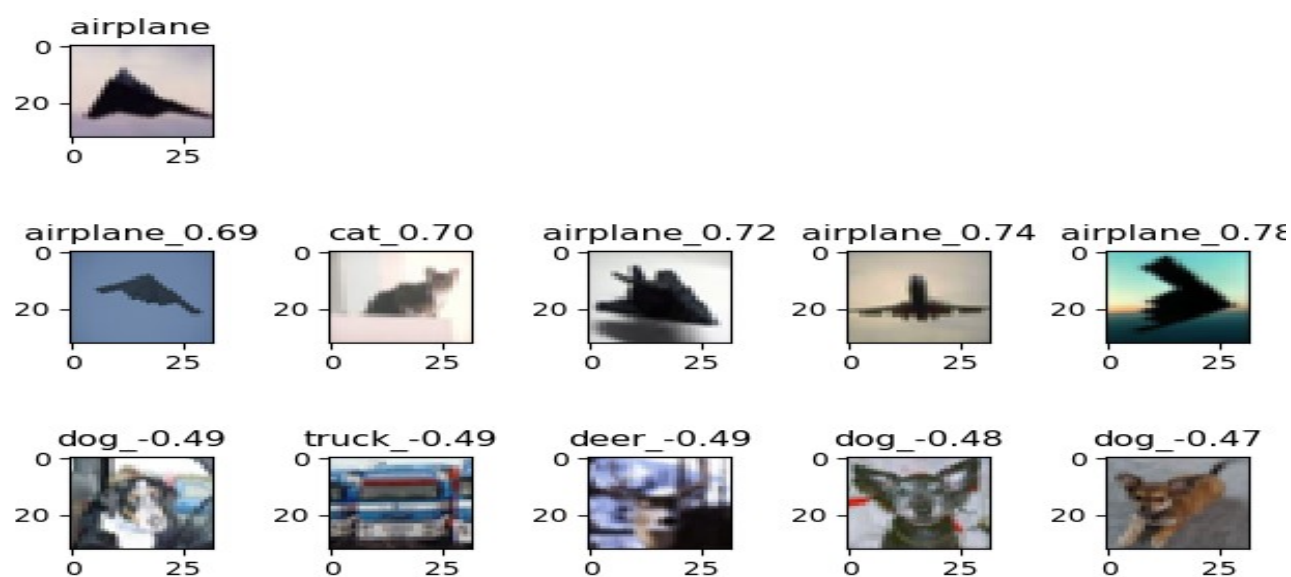


Рисунок 2.9 – Результати тестування при оптимальних параметрах

2.5 Висновки за розділом

В даному розділі була продемонстрована робота алгоритмів Deep InfoMax та Momentum Contrast. Були реалізовані програми мовою програмування Python за допомогою спеціальних бібліотек для аналізу даних та програмного фреймворку Anaconda.

Як видно з результатів, модель Deep InfoMax дає якісніший прогноз, в той час як алгоритм Momentum Contrast потребує менше часових та обчислювальних ресурсів.

3 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Темою дипломної роботи є «Розробка методів представлення візуальної інформації за допомогою методів самонавчання та contrastive learning». В процесі роботи була розглянута необхідна теорія, а також був створений програмний продукт. Важливою частиною дипломної роботи є економічне обґрунтування.

3.1 Розрахунок кошторису витрат на проведення й впровадження результатів науково-дослідної роботи

Виконання наукових досліджень, а також впровадження результатів НДР вимагає певних витрат, які необхідно розглядати як додаткові капіталовкладення. Витрати на проведення й впровадження результатів НДР відносяться до виробничих витрат.

Як правило, всі витрати документально оформляються у вигляді кошторису. Основними статтями кошторису витрат є заробітна плата, нарахування на заробітну плату, вартість електроенергії (технологічна й освітлювальної), вартість оренди приміщення, амортизаційні відрахування на обчислювальну техніку, вартість впровадження й освоєння результатів НДР і планові накопичення.

3.1.1 Розрахунок фонду заробітної плати виконавців

Розрахунок фонду заробітної плати виконавців проводиться виходячи зі штатного розкладу й зайнятості виконавців у даній НДР. Виконавцями даної НДР є керівник дипломної роботи, консультанти частини економічного обґрунтування, частини охорони праці дипломної роботи й частини цивільного захисту, а також інженер-математик. Штатний розклад приведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Штатний розклад

Посада	Кількість виконавців	Час зайнятості, міс	Коефіцієнт трудової участі	Оклад на місяць, грн	Заробітна плата, $Z_{\text{оклад}}$, грн
1 Керівник роботи, старший викладач	1	4	0,075	7000	2100
2 Консультант частини економічного обґрунтування, професор	1	4	0,005	10000	200
3 Консультант частини охорони праці, доцент	1	4	0,005	8000	160
4 Консультант частини цивільного захисту, старший викладач	1	4	0,005	7000	140
5 Виконавець, інженер-математик	1	4	1	6000	24000

Заробітна плата виконавців НДР складається з основної заробітної плати й різних доплат до неї:

$$Зп = З_{посн} + З_{пд}, \quad (3.1)$$

де $З_{посн}$ — основна заробітна плата;

$З_{пд}$ — доплати до заробітної плати.

$$З_{посн} = З_{пклад} + З_{ппрем}, \quad (3.2)$$

де $З_{пклад}$ — розмір заробітної плати за штатним розкладом;

$З_{ппрем}$ — розмір премій.

$$З_{ппрем} = K_{прем} \cdot З_{пклад}, \quad (3.3)$$

де $K_{прем}$ — коефіцієнт преміювання, $K_{прем} = 0, 1$;

$$З_{пд} = K_{д} \cdot З_{посн}, \quad (3.4)$$

де $K_{д}$ — коефіцієнт доплат заробітної плати, $K_{д} = 0, 1$.

Розрахуємо заробітню плату виконавців НДР.

Керівник дипломної роботи:

$$Зп = 2100 + 2100 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot (2100 + 2100 \cdot 0,1) = 2541,00 \text{ грн.}$$

Консультант частини економічного обґрунтування:

$$Зп = 200 + 200 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot (200 + 200 \cdot 0,1) = 242,00 \text{ грн.}$$

Консультант частини охорони праці:

$$Зп = 160 + 160 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot (160 + 160 \cdot 0,1) = 193,60 \text{ грн.}$$

Консультант частини цивільного захисту:

$$Зп = 140 + 140 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot (140 + 140 \cdot 0,1) = 169,40 \text{ грн.}$$

Консультант дипломної роботи:

$$Зп = 24000 + 24000 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot (24000 + 24000 \cdot 0,1) = 29040,00 \text{ грн.}$$

Фонд заробітної плати виконавців складе:

$$З_{п_{\text{заг}}} = 2541,00 + 242,00 + 193,60 + 169,40 + 6400,00 = 32186,00 \text{ грн.}$$

Всього витрати на заробітну плату склали 32186,00 грн.

3.1.2 Відрахування на соціальне страхування

Відрахування на соціальне страхування й інші відрахування розраховуються на підставі отриманого значення фонду заробітної плати:

$$\text{Від} = K_{\text{від}} \cdot Зп, \quad (3.5)$$

де $K_{\text{від}}$ — коефіцієнт нарахувань на фонд заробітної плати приймається в розмірі 0,362.

$$\text{Від} = 0,22 \cdot 32186,00 = 7080,92 \text{ грн.}$$

3.1.3 Розрахунок технологічної електроенергії

Розрахунок технологічної електроенергії проводиться виходячи із завантаження устаткування, що використовується під час проведення НДР (ЕОМ, принтер, сканер і ін.), по формулі (3.6):

$$E_{\text{тех}} = P \sum_{i=1}^N \Pi_i T_i \quad (3.6)$$

де P – тариф на електроенергію, $P = 1,7808$ грн/кВт;

Π_i – споживана потужність i -ої одиниці встаткування, для комп'ютера

$\Pi_i = 0,3$ кВт/год;

T_i – час роботи i -ої одиниці встаткування, $T_1 = 288$ год.

$$E_{\text{тех}} = 1,7808 \cdot 0,3 \cdot 288 = 153,86 \text{ грн.}$$

3.1.4 Розрахунок електроенергії, що витрачається на освітлення

Розрахунок електроенергії, що витрачається на освітлення, виконується виходячи з норм охорони праці по освітленню робочих місць та розраховується наступним чином:

$$E_{\text{осв}} = P \cdot N_{\text{л}} \cdot \Pi_{\text{л}} \cdot T, \quad (3.7)$$

де P – тариф на електроенергію, $P = 1,7808$ грн/кВт;

$N_{\text{л}}$ – кількість ламп, $N_{\text{л}} = 1$;

$\Pi_{\text{л}}$ – споживана потужність однієї лампи, $\Pi_{\text{л}} = 0,1$ кВт/год;

T – час роботи ламп для освітлення, $T = 122$ год.

$$E_{\text{осв}} = 1,7808 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 122 = 22,73 \text{ грн.}$$

3.1.5 Амортизаційні відрахування на устаткування

Амортизаційні витрати розраховуються виходячи з формули (3.8):

$$A = \frac{a_{\text{ЕОМ}}}{12} \sum_{i=1}^N 3B_i \cdot T_i, \quad (3.8)$$

де $a_{\text{ЕОМ}}$ – річна норма амортизації, прийнята в розмірі 25 % залишкової вартості устаткування;

$ЗВ_i$ – залишкова вартість i -ої одиниці устаткування, $ЗВ_1 = 4634,55$ грн;
 T_i – час використання i -ої одиниці устаткування $T_1 = 3$ міс.

$$A = \frac{0,25}{12} \cdot 4634,55 \cdot 3 = 289,66 \text{ грн.}$$

3.1.6 Вартість оренди приміщення

Витрати на оренду приміщення розраховуються виходячи з формули (3.9):

$$Д = K_a \cdot S \cdot P \cdot T_{OP}, \quad (3.9)$$

де K_a – коефіцієнт, що враховує податок на майно, $K_a = 1,2$;

S – площа приміщення, де проводилася НДР, $S = 6 \text{ м}^2$;

P – вартість оренди одного квадратного метра приміщення,

$P = 200 \text{ грн/міс}$;

T_{OP} – строк оренди, $T_{OP} = 4$ міс.

$$Д = 1,2 \cdot 6 \cdot 200 \cdot 4 = 5760,00 \text{ грн.}$$

3.1.7 Інші витрати

Інші витрати (опалення, робота кондиціонера й ін.) приймаються в розмірі 7% від вартості оренди приміщення.

$$З_{ін} = Д \cdot K_{ін}, \quad (3.10)$$

$$З_{ін} = 5760,00 \cdot 0,07 = 403,20 \text{ грн.}$$

3.1.8 Вартість впровадження й освоєння результатів НДР

Результатом НДР є система яка дозволяє більш якісно використовувати алгоритми contrastive learning. Для використання цієї системи необхідно впровадити та освоїти програми у аналітичних відділах.

При впровадженні та освоєнні результатів НДР необхідно залучити хоча б одного асистента кафедри в науково дослідному інституті з відповідної спеціальності. Заробітна плата становить 5000 грн на місяць в середньому. На впровадження необхідно не менше місяця. У підсумку вартість впровадження та освоєння результатів НДР складе 5000 грн.

3.1.9 Витрати на проведення НДР

Витрати на проведення НДР, згідно з формулою (3.11), являють собою суму витрат по окремих статтях:

$$З = З_{\text{п}} + \text{Від} + E_{\text{тех}} + E_{\text{осв}} + A + D + З_{\text{ін}} + B_{\text{вп}}, \quad (3.11)$$

де $З_{\text{ін}}$ — інші витрати;

$B_{\text{вп}}$ — вартість впровадження й освоєння результатів НДР.

Таким чином, сукупні витрати складають:

$$\begin{aligned} З &= 32186,00 + 7080,92 + 153,86 + 22,73 + 289,66 + \\ &+ 5760,00 + 403,20 + 5000 = 50896,37 \text{ грн.} \end{aligned}$$

3.1.10 Планові накопичення

Планові накопичення обираються в розмірі 30% від витрат на проведення НДР:

$$\text{ПН} = 0,3 \cdot 50896,37 = 15268,91 \text{ грн.}$$

3.1.11 Кошторис витрат на проведення НДР

Кошторис витрат на проведення НДР є сумою витрат на проведення НДР і планових накопичень. Результати розрахунку кошторису витрат представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Кошторис витрат на проведення НДР

Стаття витрат	Сума, грн
1 Заробітна плата	32186
2 Відрахування на соціальне страхування	7080,92
3 Технологічна електроенергія	153,86
4 Електроенергія на освітлення	22,73
5 Амортизаційні відрахування на устаткування	289,66
6 Вартість оренди приміщення	5760
7 Інші витрати	403,20
8 Вартість впровадження та освоєння НДР	5000
9 Разом витрат	50896,37
10 Планові накопичення	15268,91
11 Усього кошторис витрат на НДР	66165,28

3.2 Класифікація й кодування запропонованої інновації

Основними критеріями класифікації інновацій повинні бути:

- 1) комплексність набору класифікаційних ознак, що враховують, для аналізу й кодування;
- 2) можливість кількісного (якісного) визначення критерію;
- 3) наукова новизна й практична цінність запропонованої ознаки класифікації.

З урахуванням наявного досвіду й наведених критеріїв пропонується наступна класифікація нововведень і інновацій.

За рівнем новизни інновації:

- 1) радикальні (відкриття, винаходи);
- 2) ординарні (ноу-хау, раціоналізаторські пропозиції).

За стадією життєвого циклу товару, на якій впроваджується інновація:

- 1) інновації, впроваджувані на стадії стратегічного маркетингу;
- 2) інновації, впроваджувані на стадії НДОКР;
- 3) інновації, впроваджувані на стадії ОТПВ;
- 4) інновації, впроваджувані на стадії виробництва;
- 5) інновації, впроваджувані на стадії сервісного обслуговування.

За масштабом новизни інновації:

- 1) інновації у світовому масштабі;
- 2) інновації в країні;
- 3) інновації в галузі;
- 4) інновації для підприємства.

За галузю народного господарства, де впроваджується інновація:

- 1) наука;
- 2) освіта;
- 3) соціальна сфера;
- 4) матеріальне виробництво;
- 5) роботи й послуги.

За сферою застосування інформації:

- 1) інновації для внутрішнього застосування;
- 2) інновації для нагромадження в організації;
- 3) нововведення для продажу.

За частотою застосування інновації:

- 1) разові;
- 2) повторювані.

За формою нововведення:

- 1) відкриття, винаходи, патенти;
- 2) раціоналізаторські пропозиції;
- 3) ноу-хау;
- 4) товарні знаки, торговельні марки, емблеми;
- 5) нові документи, що описують технологічні, виробничі, управлінські процеси, конструкції, структури, методи.

За видом ефекту, отриманого в результаті впровадження інновації:

- 1) науково-технічний;
- 2) соціальний;
- 3) екологічний;
- 4) економічний (комерційний);
- 5) інтегральний.

За підсистемою системи керування, у якій впроваджується інновація:

- 1) підсистема наукового супроводу.
- 2) цільова підсистема.
- 3) підсистема, що забезпечує.
- 4) керована підсистема.
- 5) керуюча підсистема.

Наведена класифікація охоплює всі аспекти інноваційної діяльності. Для спрощення управління інноваційною діяльністю на основі цієї класифікації інновації можна кодувати. Кодування може бути спрощене (з одним знаком для ознаки) і детальне (із двома й більше знаками для ознаки). У цьому випадку використовується спрощене кодування, при якому код інновації буде мати дев'ять цифр. Номер цифри відповідає ознаці класифікації в запропонованому вище порядку, а значення цифри відповідає виду інновації.

Відповідно до наведеної класифікації, код інновації даної НДР 2.4.3.1.1.2.5.1.1.

3.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження результатів НДР

Щоб показати доцільність застосування досліджень, проведених у дипломній роботі, необхідно виконати розрахунок економічного ефекту.

Економічний ефект розраховується виходячи із суми, отриманих від впроваджених результатів НДР доходів:

$$D_E = \sum_{i=1}^n D_i, \quad (3.12)$$

де D_i — величина додаткових доходів або економії коштів, отриманих у

результаті впровадження НДР, по i -му фактору.

Факторами виступають наступні дані.

1 Економія робочого часу особи, яка приймає рішення. Програмне забезпечення, що допомагає у вирішенні складних задач експертної оцінки об'єктів, зменшує час на прийняття рішення та кількість працівників. Середня заробітна плата фахівця у цих галузях складає 7000 грн на місяць. Зменшення загальної заробітної плати у два рази за рахунок скорочення кількості працівників призведе до економії коштів, що на рік складатиме: $D_1 = \frac{7000,00 \cdot 12}{2} = 42000,00$ грн.

2 Зниження виробничої площі за рахунок зменшення одиниць устаткування. Оскільки програмне забезпечення дозволяє скоротити кількість працівників, відповідно, зменшиться кількість обладнання. Чисельність комп'ютерів в одному офісі – 10 штук. В середньому вартість одного стаціонарного комп'ютера складає 12 500 грн. Оскільки кількість працівників було зменшено вдвічі, то й у два рази зменшиться кількість одиниць устаткування, отже даний проект дозволяє зменшити витрати на 50 %: $D_2 = 10 \cdot 12500,00 \cdot 0,5 = 62500,00$ грн.

Для розрахунку коштів, отриманих за рахунок цих факторів, необхідно проводити детальний аналіз з залученням фахівців різних областей, що виходить за рамки розрахунку економічного ефекту від даної НДР.

Отже економічний ефект даної НДР складає:

$$D_E = 42000,00 + 62500,00 = 104500,00 \text{ грн.}$$

3.4 Укрупнена оцінка прибутковості запропонованого інноваційного проекту

Укрупнена оцінка прибутковості інноваційного проекту дипломної роботи припускає визначення наступних показників:

1) чистий дисконтований дохід по роках реалізації проекту;

- 2) чиста поточна вартість проекту по роках реалізації проекту;
- 3) індекс прибутковості проекту;
- 4) внутрішня норма прибутковості;
- 5) строк окупності проекту.

Розрахунок цих показників проводиться виходячи з наступних даних:

- 1) одноразові витрати в розрахунковому році (кошторис витрат на проведення й впровадження результатів НДР);
- 2) щорічні очікувані доходи від проекту;
- 3) процентна ставка в розрахунковому році;
- 4) інфляція на розглянутому ринку;
- 5) рівень ризику проекту.

Для початку визначимо ставку дисконту проекту по формулі:

$$d = k + i + r, \quad (3.13)$$

де k — ціна капіталу (процентна ставка), частки одиниці, $k = 0,12$;

i — інфляція на ринку, частки одиниці, $i = 0,15$;

r — рівень ризику проекту, частки одиниці, $r = 0,06$.

Отже, згідно з формулою (3.13), $d = 0,33$.

Чистий дисконтований дохід розраховуємо по формулі:

$$\text{ЧДД}_t = \frac{D_t - K_t}{(1 + d)^t}, \quad (3.14)$$

де D_t — доходи t -го року, грн;

K_t — капіталовкладення (витрати) t -го року, грн (у цьому випадку кошторис витрат на НДР).

Чисту поточну вартість для t -го року реалізації проекту визначаємо по формулі:

$$\text{ЧПВ}_t = -\frac{K_{t-1}}{(1 + d)^{t-1}} + \frac{D_t}{(1 + d)^t}. \quad (3.15)$$

Розрахунок даного показника варто здійснювати до першого позитивного значення ЧПВ. Цей рік і завершить розрахунковий період

для даного інноваційного проекту.

Розрахунок даного показника варто здійснювати до першого позитивного значення ЧПВ. Цей рік і завершить розрахунковий період для даного інноваційного проекту. Приклад розрахунку чистого дисконтного доходу і чистої поточної вартості приведено в табл. 3.3

Таблиця 3.3 – Розрахунок чистого дисконтного доходу і чистої поточної вартості

t	Д	К	$\frac{1}{(1+d)^t}$	$\frac{Д}{(1+d)^t}$	$\frac{К}{(1+d)^t}$	ЧДД	ЧПВ
0	—	66165,28	1	—	66165,28	-66165,28	-66165,28
1	104500,00	—	0,75	78375,00	—	78375,00	12209,72
Σ	104500,00	66165,28	—	78375,00	66165,28	12209,72	—

Індекс прибутковості визначимо за формулою:

$$ІП = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{Д}{(1+d)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{К}{(1+d)^t}} = \frac{78375,00}{66165,28} = 1,18, \quad (3.16)$$

де T – кількість років у розрахунковому періоді.

Внутрішня норма прибутковості являє собою ставку дисконту, при якій величина дисконтованих доходів усього розрахункового періоду дорівнює дисконтованим капіталовкладенням. Цей показник допомагає ухвалювати рішення щодо доцільності розробки й впровадження інноваційного проекту в умовах мінливих процентних ставок, ризиках, інфляції.

Внутрішню норму прибутковості можна визначити з табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Розрахунок ВНП

d	0,33	0,5	0,57	0,58
ЧДД грн	12406,14	3501,38	395,22	-26,03

Виходячи з табл. 3.4 ВНП складає приблизно 0,578.

Строк окупності розраховується починаючи з місяця запуску проекту до місяця в якому досягається наступна рівність:

$$\sum_{t=1}^T \frac{Д}{(1+d)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{К}{(1+d)^t}. \quad (3.17)$$

З табл. 3.3 можна зробити висновок, що термін окупності складає 11 місяців.

3.5 Висновки за розділом

У даному розділі дипломної роботи було проведено економічне обґрунтування дослідження параметрів порівняльного навчання для вирішення задач навчання без вчителя.

Проведено ознайомлення з методикою складання кошторису витрат на НДР. Були розраховані витрати на заробітну платню виконавців дипломної роботи, витрати на електроенергію, амортизаційні відрахування, відрахування на соціальне страхування, оренду приміщення, витратні матеріали і планові накопичення. Було встановлено код інновації. Також був зроблений розрахунок економічного ефекту від впровадження результатів НДР, розрахована укрупнена оцінка прибутковості запропонованого проекту та визначено його строк окупності. Даний проект є прибутковим, оскільки індекс прибутковості більше одиниці. Цей показник допомагає ухвалювати рішення щодо доцільності розробки й впровадження інноваційного проекту в умовах мінливих процентних ставок, ризиках, інфляції.

У таблиці 3.5 можна ознайомитись з техніко-економічними показниками.

Таблиця 3.5 – Техніко-економічні показники

Найменування показника	Величина
Кошторис витрат на НДР, грн	66165,28
Код інновації	2.4.3.1.1.2.5.1.1
Економічний ефект, грн	104500,00
Індекс прибутковості проекту	1,18
Внутрішня норма прибутковості	0,578
Строк окупності проекту, міс	11

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз умов праці на робочому місці

Розділ виконано для етапу розробки на ЕОМ системи створення програмного комплексу для аналізу роботи методів представлення візуальної інформації за допомогою методів самонавчання та contrastive learning.

Робота виконувалась на кафедрі «Комп'ютерної математики та аналізу даних» НТУ «ХПІ», яка розташована на другому поверсі семи поверхової будівлі.

Обладнання, приміщення і режим праці користувача повинні відповідати вимогам наступних нормативно–технічних документів:

1) НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями;

2) ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин;

3) ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою;

4) ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги;

5) ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень;

6) ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування;

7) ДБН В.2.5-28-2018. Природне та штучне освітлення;

8) ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку;

9) ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації;

10) ПУЕ. Правила улаштування електроустановок;

11) НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок;

12) ДСТУ ГОСТ 7237:2011. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту;

13) ГОСТ 14254-2015 (ІЕС 6029:2013). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками;

14) НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні;

15) ДСТУ БВ.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавка захисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ);

16) НАПБ Б.06.004-2005. Перелік однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають обладнанню автоматичними установками пожежа гасіння та пожежної сигналізації;

17) ГН 3.3.5-8.6.6.1-2014. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

4.1.1 Загальна характеристика виробничого приміщення

Загальна характеристика виробничого приміщення, в якому виконувалась робота, приведена у таблицях 4.1-4.4.

Таблиця 4.1 – Загальна характеристика виробничого приміщення

Найменування показника	Характеристика показника	Обґрунтування вибору значення показника	Документ, що регламентує цей показник	Примітка
1 Розміри приміщення (м);	$3.5 \times 4 \times 4.2$	на одне р. м. з ЕОМ не менше 6.0 м^2	ДСанПіН 3.3.2-007-98	7 м^2 на одне р. м. з ЕОМ, що відповідає нормі
2 Кількість робочих місць (р.м.)	2			

Таблиця 4.2 – Характеристика освітлення

Найменування показника	Характеристика показника	Обґрунтування вибору значення показника	Документ, що регламентує цей показник	Примітка
1 Природне освітлення, вікна виходять на схід	бокове, одностороннє; азимут 90°	див. таблицю 4.6	ДБН В.2.5-28-18	
		КПО не нижче 1.5 %	ДСанПіН 3.3.2-007-98	для р. м. з ЕОМ
2 Штучне освітлення, кількість світильників N; джерела світла	загальне рівномірне; N=4; люмінесцентні лампи	див. таблицю 4.6	ДБН В.2.5.-28-18	
		не нижче 300-500 лк	ДСанПіН 3.3.2-007-98	для р. м. з ЕОМ

Таблиця 4.3 – Характеристика пожежної безпеки

Найменування показника	Характеристика показника	Обґрунтування вибору значення показника	Документ, що регламентує цей показник
1 Категорія приміщення з вибухо-пожеже небезпеки	В	є тверді спаленні матеріали: папір, деревина тощо	ДСТУ Б В.1.1-36:2016
2 Ступінь вогнестійкості будівельних конструкцій	II	7-и поверхова будівля; категорія В	ДБН В.1.1.7-2016

Таблиця 4.4 – Характеристика електронної мережі

Найменування показника	Характеристика показника	Обґрунтування вибору значення показника	Документ, що регламентує цей показник	Примітка
1 Характеристика трифазної електричної мережі	чотири провідна з глухо заземленою нейтраллю напругою 380/220 В, частотою 50 Гц	довгі кабельні мережі великої ємності	ПУЕ	
2 Клас приміщення за ступенем небезпеки ураження електрострумом	з підвищеною небезпекою	є можливість одночасно- го дотику до метало- конструкцій будівлі, що мають з'єднання з землею, та до металевих корпусів ЕОМ	ПУЕ	необхідно передбачити заходи безпеки згідно вимог ПУЕ

4.1.2 Небезпечні та шкідливі фактори

Небезпечним називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого у відповідних умовах праці може призвести до травм або іншого раптового, різкого погіршення стану здоров'я.

Шкідливим називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого може призводити в певних умовах до захворювання або

зниження рівня працездатності.

Згідно з державним стандартом шкідливі і небезпечні фактори по природі їх впливу поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Однією із основних цілей охорони праці на підприємстві є оцінка обстановки та характеристик трудового процесу в частині його впливу на здоров'я і життя працівника.

У таблиці 4.5 надано перелік потенційних небезпечних факторів на робочому місці користувача ЕОМ з монітором на рідинних кристалах.

Таблиця 4.5 – Перелік потенційних небезпечних факторів на робочому місці користувача ЕОМ з ЖК монітором

Назва фактора	Джерела виникнення	Умови роботи	Нормативні параметри, їх значення	Документ, що регламентує показник
Висока електрична напруга	мережа живлення устаткування	нормальний режим роботи	струм $I_h = 0,3$ мА; Напруга $U_{\text{дот}} < 2$ В	ПУЕ

Таблиця 4.6 показує типовий перелік потенційних шкідливих факторів.

Таблиця 4.6 – Перелік потенційних шкідливих факторів на робочому місці користувача ЕОМ з ЖК монітором

Назва фактора	Джерела виникнення	Умови роботи	Нормативні параметри, їх значення	Документ, що регламентує показник
Несприятливе освітлення	стан систем природного та штучного освітлення	МРОР 0,3–0,5 мм; підрозряд «В», фон та контраст середні	КПО $D_{min} = 1,2\%$; Освітленість $E_{min} = 300$ лк	ДБН В.2.5.–28–18
Несприятливий мікроклімат: t, ϕ, v	стан систем опалення та вентиляції	категорія важкості робіт Ia; холодний період	$t - 22^{\circ} \sim 24^{\circ} C$; $\phi - 40 - 60\%$; $v -$ не більше 0,1 м/с	ДСН 3.3.6.042–99
Підвищений рівень шуму	кондиціонери, кулери, системи освітлювання	творча діяльність, програмування	рівень звуку $L_A = 50$ дБА	ДСН 3.3.6.037–99
Вібрація	те ж саме	загальна технологічна, категорія 3, тип «В», умови комфорту	рівень віброшвидкості $L_V = 75$ дБ	ДСН 3.3.6.039–99
Психо-фізіологічна перенапруга	монотонність праці, статичність і незручність пози		1 та 2 клас умов праці для напруженості	ГН 3.3.5–8.6.6.1-2014

4.2 Захист від шкідливого впливу факторів виробничого середовища

Підтримка оптимальних параметрів мікроклімату в робочій зоні здійснюється відповідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 за допомогою кондиціонеру, який регулює температуру повітря. Передбачена можливість природнього провітрювання приміщення. У холодний період року проводиться опалення від центральної тепломережі.

Згідно ДСН 3.3.6.042-99, у приміщеннях із значними площами застаканованих поверхонь передбачаються заходи щодо захисту:

- 1) від перегрівання при попаданні прямих сонячних променів в теплий період року (орієнтація віконних прорізів схід – захід, улаштування лоджій, жалюзі, сонцезахисних плівок та інше);
- 2) від радіаційного охолодження – в зимовий (використання стін певної товщини, подвійних стекол).

Робочі місця повинні бути віддалені від стін на відстань не менше 1 м.

Визначений в таблиці 4.6 коефіцієнт природного освітлення реалізується через вікна визначеної площини, яка розраховується при проектуванні будівлі, а нормований показник штучного освітлення (E_{min}) реалізується шляхом встановлення визначеної кількості світильників і вибором потужності ламп в них.

Згідно вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98, в разі штучного освітлення як джерела світла мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ і світильники серії ЛПОЗб із дзеркальними ґратами, укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами (ВЧ ПРА).

Система загального освітлення має становити суцільні або преривчасті лінії світильників, розташовані збоку від робочих місць (переважно ліворуч), паралельно лінії зору працюючих. Слід передбачити обмеження прямої блискості від джерел природного та штучного освітлення та обмежувати відбиту блискість на робочих поверхнях. Необхідно чистити вікна і світильники не менше двох разів на рік та

вчасно заміняти перегорілі лампи.

Заходи захисту від шуму та вібрації повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.029-80 і ДСТУ ГОСТ 2656885:2009. Устаткування, що є джерелом шуму, слід розташовувати поза приміщенням для роботи з ЕОМ. Для забезпечення допустимих рівнів шуму у виробничих приміщеннях слід застосовувати засоби звукопоглинання, наприклад, перфоровані плити, панелі, підвісні стелі.

Як захист від шуму, який створюється вентиляторами системних блоків, використовується звукоізоляційний корпус. Вентилятор можна замінити на більш якісний або на мідні радіатори з водяним охолодженням. Крім того встановлюють перехідник з регулятором напруги і швидкості обертання процесорного кулера, а при монтажі кулерів металеві гвинти замінюють гумовими пробками, що дозволяють ізолювати вентилятор від корпусу. Якщо принтер розташований на твердій поверхні, то для зменшення вібрації потрібно підстелити під нього щільний прогумований килимок.

4.3 Електробезпека

Персональна ЕОМ є однофазним споживачем електроенергії, який живиться від трифазної чотирьох провідної мережі перемінного струму напругою 380/220 В частотою 50 Гц з глухо заземленою нейтраллю.

У разі випадкового дотику до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, або появи напруги дотику на металевих кожухах електроустаткування, наприклад, при пошкодженні ізоляції можливі нещасні випадки в результаті дії електричного струму.

Клас пожежа небезпечної зони приміщення, згідно ПУЕ-2017 та НПАОП 40.1-1.32-01 — бо у приміщенні знаходяться тверді спаленні матеріали.

Для приміщень з підвищеною небезпекою поразки людини електричним струмом ПУЕ передбачені конструктивні, схемно-конструктивні й експлуатаційні міри електробезпеки (ДСТУ ГОСТ 7237:2011).

По-перше, експлуатаційні міри. Необхідно дотримуватися правил безпеки при роботі з високою напругою і використовувати наступні запобіжні заходи, що передбачені НПАОП 0.00-7.15-18: не підключати і не відключати кабелю, якщо обладнання знаходиться під напругою; технічне обслуговування і ремонтні роботи виконувати тільки при вимкненому живленні в мережі; встановлювати у приміщенні загальний вимикач для відключення електроустаткування. Забороняється залишати працюючу апаратуру без нагляду.

Також важливими є конструктивні заходи. ЕОМ відноситься до електроустановок до 1000 В закритого виконання, усі струмоведучі частини знаходяться в кожухах. Вибираємо ступінь захисту оболонки від зіткнення персоналу із струмоведучими частинами усередині захисного корпусу і від потрапляння води усередину корпусу IP-44, де перша «4» – захист від твердих тіл, розміром більш 1,0 мм, друга «4» – захист від бризків води (ГОСТ 14254-96).

Як схемно-конструктивна міра безпеки застосовується подвійна ізоляція (для монітору), малі напруги до 42 В, занулення (так як мережа живлення до 1000 В з глухо заземленою нейтраллю). Відповідно ДСТУ ГОСТ 7237:2011, занулення – це навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин комп'ютера, які у випадку аварії можуть виявитися під напругою, з нульовим захисним провідником.

Занулення використовується в чотири провідних трифазових мережах із заземленою нейтраллю напругою до 1000 В.

Розрахунок занулення виконаний відповідно вимог методичних вказівок [14].

Мета розрахунку – визначення такого перерізу нульового захисного провідника, при якому струм короткого замикання (I_K) у задане число разів (K) перевищить номінальний струм апарату захисту ($I_{НОМ}^{A3}$), що забезпечить селективне відключення споживача, тобто повинна виконуватися умова:

$$I_K \geq K \cdot I_{НОМ}^{A3}. \quad (4.1)$$

Вихідні дані для розрахунку:

1) P_1 — потужність однофазового споживача електроенергії, наприклад, електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), 325 Вт;

2) P_2 — потужність усіх споживачів, які живляться від цього фазового провідника (кондиціонери, вентилятори, освітлювальні прилади, інші ЕОМ, принтери, тощо), 1 кВт;

3) l_1 — довжина ділянки 1, 15 м;

4) l_2 — довжина ділянки 2, 151 м;

5) U_L — лінійна напруга; $U_L = 380$ В;

6) U_Φ — фазова напруга; $U_\Phi = 220$ В;

7) матеріал проводів — мідь.

Спосіб прокладки проводів на ділянці 1–2. На ділянці 2 кабель пролягає у землі, на першій — в повітрі трубах.

4.3.1 Вибір запобіжника

Визначення струму I_1 в А, що живить електроустановку (ЕУ) потужністю P_1 , Вт:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_\Phi}, \quad (4.2)$$

$$I_1 = \frac{325}{220} = 1,47.$$

Визначення пускового $I_{\text{пуск}}$ ЕУ потужністю P_1 , Вт:

$$I_{\text{пуск}} = \frac{K_{\text{П}}}{K_{\text{Т}}} I_1, \quad (4.3)$$

де $K_{\text{П}}$ — коефіцієнт кратності пускового струму;

$K_{\text{Т}}$ — коефіцієнт важкості пуску, залежить від часу пуску;

$K_{\text{Т}} = 1,6$; якщо час пуску понад 10 с — тяжкий пуск;

$K_{\text{Т}} = 2$; якщо час пуску дорівнює 10 с — середній пуск;

$K_{\text{Т}} = 2,5$; якщо час пуску дорівнює 5 с — легкий пуск.

Для ЕОМ: $K_{\text{П}} = 3$; $K_{\text{Т}} = 2,5$.

$$I_{\text{ПУСК}} = \frac{3}{2,5} \cdot 1,47 = 1,76.$$

4.3.2 Вибір апарата захисту

Номінальний струм, при якому спрацьовує апарат захисту, повинен перевищувати $I_{\text{ПУСК}}$, інакше апарат захисту буде спрацьовувати при кожному вмиканні електроустановки.

В нашому випадку $I_{\text{НОМ}}^{A3}$ дорівнює 4 А, тому обираємо запобіжник ВПШ 6–12.

4.3.3 Визначення струму короткого замикання фази на корпус ЕУ

Струм короткого замикання I_K визначаємо за формулою (4.4):

$$I_K = \frac{U_{\Phi}}{\frac{Z_{\text{ТР}}}{3} + Z_{\text{ПФН}}}, \quad (4.4)$$

де $Z_{\text{ТР}}$ — повний опір трансформатора, Ом;

$Z_{\text{ПФН}}$ — повний опір петлі фаза–нуль, Ом.

4.3.4 Визначення повного опору трансформатора

Величина $Z_{\text{ТР}}$ залежить від потужності трансформатора, конструктивного виконання, напруги і схеми з'єднання його обмоток (зіркою або трикутником).

Потужність трансформатора визначається за умовою:

$$N_{\text{ТР}} = 4 \cdot P_2, \quad (4.5)$$

$$N_{\text{ТР}} = 4 \cdot 1 = 4.$$

Отже, $Z_{\text{ТР}} = 3,110$ Ом, так як ми обираємо трансформатор потужністю $N_{\text{ТР}} = 25$ кВт.

4.3.5 Визначення повного опору петлі фаза–нуль

Повний опір петлі фаза–нуль визначається по формулі:

$$Z_{\text{ПФН}} = \sqrt{(R_{\text{Ф}} + R_{\text{НЗ}})^2 + X^2}, \quad (4.6)$$

де $R_{\text{Ф}}$ – активний опір фазового захисного провідника, Ом;
 $R_{\text{НЗ}}$ – активний опір нульового захисного провідника, Ом;
 X – індуктивний опір петлі фаза–нуль, Ом.

Індуктивний опір визначається за формулою:

$$X = X_{\text{Ф}} + X_{\text{НЗ}} + X_{\text{ВЗ}}, \quad (4.7)$$

де $X_{\text{Ф}}$ – внутрішній індуктивний опір фазового провідника, Ом;
 $X_{\text{НЗ}}$ – внутрішній індуктивний опір нульового провідника, Ом;
 $X_{\text{ВЗ}}$ – зовнішній індуктивний опір, який зумовлено взаємоіндукцією петлі фаза–нуль, Ом.

Для мідних та алюмінієвих провідників ϕ та нз порівняно малі (близько 0,0156 Ом/км), тому ними можна знехтувати.

Зовнішній індуктивний опір $X_{\text{ВЗ}}$ залежить від відстані між проводами D та їхнього діаметру d . Якщо нульові захисні проводи прокладають спільно з фазовими, значення D мале й порівняльне з діаметром d , тому опір вз незначний (не більш 0,1 Ом/км) і ним можна знехтувати. Тоді:

$$Z_{\text{ПФН}} = R_{\text{Ф}} + R_{\text{НЗ}}. \quad (4.8)$$

Таким чином формула (4.4) має наступний вигляд:

$$I_{\text{К}} = \frac{U_{\text{Ф}}}{\frac{Z_{\text{ТР}}}{3} + R_{\text{Ф}} + R_{\text{НЗ}}}. \quad (4.9)$$

Визначення активного опору фазового провідника:

$$R_{\Phi} = R_{\Phi_1} + R_{\Phi_2}, \quad (4.10)$$

де R_{Φ_1} — опір фазового провідника на ділянці 1 та, Ом.

R_{Φ_2} — опір фазового провідника на ділянці 2, Ом.

Для провідників з кольорових металів:

$$R_{\Phi_1} = \rho \cdot \frac{l_1}{S_{\Phi_1}}, \quad (4.11)$$

$$R_{\Phi_2} = \rho \cdot \frac{l_2}{S_{\Phi_2}}, \quad (4.12)$$

де ρ — питомий опір, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$, який дорівнює для міді 0,018;

S_{Φ_1} — переріз фазового провідника для ділянки 1, мм^2 ;

S_{Φ_2} — переріз фазового провідника для ділянки 2, мм^2 .

Перерізи фазових проводів визначають при проектуванні електричної мережі струму, умов прокладання кабелю, матеріалу провідників тощо.

Для ділянки 1 вибираємо переріз, який відповідає струму I_1 , для ділянки 2 — струму I_2 . В нашому випадку переріз для ділянки 1 дорівнює 1 мм^2 , а для ділянки 2 дорівнює 1,5 мм^2 . Тому:

$$R_{\Phi_1} = \frac{0,018 \cdot 15}{1} = 0,27,$$

$$R_{\Phi_2} = \frac{0,018 \cdot 151}{1,5} = 1,81,$$

$$R_{\Phi} = 2,08.$$

Струм I_2 в А визначаємо за формулою:

$$I_2 = \frac{P_2}{U_{\Phi}} \quad (4.13)$$

$$I_2 = \frac{1000}{220} = 4,54.$$

Визначення опору нульового захисного провідника:

$$R_{\text{НЗ}} = R_{\text{НЗ}_1} + R_{\text{НЗ}_2}, \quad (4.14)$$

де $R_{\text{НЗ}_1}$ — опір нульового захисного провідника на ділянці 1, Ом;

$R_{\text{НЗ}_2}$ — опір нульового захисного провідника на ділянці 2, Ом.

Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідників в груповій три провідній мережі повинна бути не менш площі фазового провідника, тобто:

$$S_{\text{НЗ}_1} = S_{\Phi_1}, S_{\text{НЗ}_2} = S_{\Phi_2}.$$

Відповідно: $R_{\text{НЗ}} = R_{\Phi}$.

Отже, згідно з формулою (4.9):

$$I_K = \frac{U_{\Phi}}{\frac{Z_{\text{ТР}}}{3} + R_{\Phi} + R_{\text{НЗ}}} = \frac{220}{\frac{3,110}{3} + 1,35 + 1,35} = 58,87.$$

4.4 Перевірка виконання умов надійності та ефективності роботи занулення

Повинно виконуватися співвідношення (4.1):

$$I_K \geq K \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{АЗ}},$$

$$58,87 \geq 3 \cdot 4,$$

де K — запас надійності. Для запобіжників $K = 3$.

Утрати напруги на ділянках 1 та 2 не повинні перебільшувати 22 В:

$$U_{\text{П}_1} + U_{\text{П}_2} \leq 22, \quad (4.15)$$

$$U_{\text{П}_1} = I_1 \cdot R_{\Phi_1}, \quad (4.16)$$

$$U_{П_2} = I_2 \cdot R_{\Phi_2}, \quad (4.17)$$

В нашому випадку $U_{П_1} = 0,39$, $U_{П_2} = 8,21$. Обидві умови виконуються.

В результаті розрахунку у якості запобіжника було обрано запобіжник типу ВПШ 6–12, а перерізи фазового і нульового захисного провідників – 1 мм^2 та $1,5 \text{ мм}^2$ відповідно на ділянках 1 та 2.

4.5 Пожежна безпека

У зв'язку з поширенням комп'ютерної техніки, що може привести до загоряння, треба передбачати можливі наслідки і розробляти заходи щодо їх попередження. Причинами загоряння стають: несправність електричного обладнання, пошкодження ізоляції, коротке замикання кола струму, перегрів проводів, поганий контакт в місцях з'єднання; розряди статичної електрики, які особливо небезпечні в вибухонебезпечних приміщеннях, блискавка.

Пожежна безпека забезпечується наступними мірами:

- 1) системою запобігання пожеж;
- 2) системою пожежного захисту;
- 3) організаційними заходами щодо пожежної безпеки.

Система запобігання пожеж передбачає запобігання утворенню пального середовища і запобігання утворенню в пальному середовищі джерел запалювання.

Для зменшення небезпеки утворення в пальному середовищі джерел запалювання передбачено:

- 1) використання електроустаткування, що відповідає класу пожеже небезпечної зони приміщення П-Іа за ПУЕ та НПАОП 40.1-1.32-01: ступінь захисту електроапаратури не менш IP-44, ступінь захисту світильників IP-2X;
- 2) забезпечення захисту від короткого замикання (контроль і профілактика ізоляції, використання запобіжників);

3) вибір перетину провідників по максимально допустимому нагріванню;

4) будівлі, в яких встановлено обладнання інформаційних технологій чи будь-яке інше електронне обладнання, чутливе до атмосферних перешкод, незалежно від кількості уражень об'єктів за рік потребує I або II рівня блискавка захисту (ДСТУ БВ.2.5-38:2008).

Система протипожежного захисту призначена для локалізації та гасіння пожежі. При виборі засобів гасіння пожежі для забезпечення безпеки людини від можливості поразки електричним струмом у приміщенні відповідно вимог НАПБ А.01.001-2014 передбачено використання вуглекислотних вогнегасників ВВК-5. Вогнегасник знаходиться на видному і легко доступному місці. При виникненні пожежі передбачені можливості аварійного відключення апаратури і комунікацій та повідомлення в пожежну охорону по телефону. У якості сповіщувачів використовуються система автоматичної пожежної сигналізації відповідно вимог НАПБ Б.06.004-2005. Ступінь вогнестійкості будинку II, що відповідає вимогам НПАОП 0.00-1.28-2010, згідно яких комп'ютери повинно розташовувати в будівлях не нижче II ступеню (ДБН В.1.1-7-2016). У приміщенні є два незалежних виходи для евакуації людей під час пожежі.

Організаційними заходами протипожежної профілактики є вступний інструктаж при надходженні на роботу, навчання виробничого персоналу протипожежним правилам, видання необхідних інструкцій і плакатів, засобів наочної агітації, наявність плану евакуації.

4.6 Охорона навколишнього середовища

У зв'язку з прискореним темпом промислової революції виникли проблеми пов'язані з охороною та оптимізацією оточуючого природного середовища.

Як зазначено у Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища», прийнятого 25 червня 1991 року, основними задачами є регулювання відносин в області охорони природи, використання

і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, попередження і ліквідація наслідків негативного впливу на навколишнє середовище господарської й іншої діяльності людини, збереження природних ресурсів, генетичного фонду, ландшафтів і інших природних об'єктів.

При масовому використанні моніторів та комп'ютерів не можна не враховувати їхній вплив на навколишнє середовище на всіх стадіях — при виготовленні, експлуатації та після закінчення терміну служби.

Міжнародні екологічні стандарти, що діють на сьогоднішній день в усьому світі, визначають набір обмежень до технологій виробництва та матеріалів, які можуть використовуватися в конструкціях пристроїв. Так, за стандартом ТСО-95, вони не повинні містити фреонів (турбота про озоновий шар), полівінілхлориді, бромідів (як засобів захисту від загоряння).

У стандарті ТСО-99 закладене обмеження за кадмієм у світлочутливому шарі екрана дисплея та ртуті в батарейках; є чіткі вказівки відносно пластмас, лаків та покриттів, що використовуються. Поверхня кнопок не повинна містити хром, нікель та інші матеріали, які визивають алергічну реакцію. ГДК пилу дорівнює $0,15 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$, рекомендовано $0,075 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$; ГДК озону під час роботи лазерного принтеру — $0,02 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$. Особливо жорсткі вимоги до повторно використовуваних матеріалів. Міжнародні стандарти, починаючи з ТСО-92, включають вимоги зниженого енергоспоживання та обмеження припустимих рівнів потужності, що споживаються у неактивних режимах.

Дотримання приведених нормативних параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів дозволить забезпечити більш здорові і безпечні умови роботи користувача ЕОМ.

4.7 Висновки за розділом

Дотримання розглянутих нормативних положень, зокрема наведених у таблицях 4.1–4.6, забезпечує працездатність людей, які виконують роботи в розглянутому приміщенні протягом робочого дня.

5 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільний захист — це функція держави, спрямована на захист населення, території, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таких ситуацій, ліквідації їх наслідків та надання допомоги постраждалим в мирний час та в особливий період [15].

У даному розділі дипломної роботи розглянуті питання щодо концепції оповіщення населення в умовах надзвичайної ситуації (НС).

Актуальність проблеми оповіщення населення зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям у результаті небезпечних природних явищ і катастроф. Ризик надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру постійно зростає

Рівень національної безпеки не може бути достатнім, якщо в загальнодержавному масштабі не буде вирішено завдання захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру [16].

Основними завданнями захисту населення і території від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру є:

- 1) здійснення комплексу заходів щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру;
- 2) забезпечення готовності і контролю за станом готовності до дій і взаємодії органів управління в цій сфері, сил і засобів, призначених для запобігання надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру і реагування на них

5.1 Оповіщення населення

Серед комплексу заходів з захисту населення за надзвичайних умов важливе місце посідає організація своєчасного інформування та оповіщення, які покладаються на органи цивільної оборони і є невід'ємним елементом усієї системи заходів [17].

Центральні та місцеві органи влади зобов'язані надавати населенню

через засоби масової інформації оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення від НС, методи та способи їх захисту, вжиття заходів щодо забезпечення безпеки [18].

Оповіщення про загрозу виникнення НС і постійне інформування населення про них забезпечуються шляхом:

1) завчасного створення і підтримки у постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем центрального оповіщення населення;

2) організаційно-технічного з'єднання територіальних систем центрального оповіщення і систем оповіщення на об'єктах господарювання;

3) завчасного створення та організації технічного з'єднання з системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформування населення в зонах катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних, хімічних підприємств, інших об'єктів підвищеної небезпеки;

4) центрального використання загальнодержавних і галузевих систем зв'язку: радіо, провідного, телевізійного оповіщення, радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передачі інформації.

Оповіщення організовують засобами радіо та телебачення. Для того, щоб населення своєчасно увімкнуло засоби оповіщення, використовують сигнали транспортних засобів, а також переривисті гудки підприємств.

Завивання сирен, переривисті гудки підприємств та сигнали транспортних засобів означають попереджувальний сигнал «Увага всім!». Той, хто почув цей сигнал, повинен негайно увімкнути теле- чи радіоприймачі та прослухати екстрене повідомлення місцевих органів влади чи управління з НС та цивільного захисту населення. Усі подальші дії визначаються їхніми вказівками.

Для своєчасного попередження населення введені сигнали попередження населення у мирний і воєнний час [17].

Сигнал «Увага всім!» повідомляє населення про надзвичайну обстановку в мирний час і на випадок загрози нападу противника у воєнний час. Сигнал подається органами цивільного захисту за допомогою

сирени і виробничих гудків. Тривалі гудки означають попереджувальний сигнал.

5.1.1 Сигнали оповіщення в мирний час

«Аварія на атомній електростанції». Повідомляються місце, час, масштаби аварії, інформація про радіаційну обстановку та дії населення. Якщо є загроза забруднення радіоактивними речовинами, необхідно провести герметизацію житлових, виробничих і складських приміщень. Провести заходи захисту від радіоактивних речовин сільськогосподарських тварин, кормів, урожаю, продуктів харчування та води. Прийняти йодні препарати. Надалі діяти відповідно до вказівок штабу органів цивільного захисту.

«Аварія на хімічно небезпечному об'єкті». Повідомляються місце, час, масштаби аварії, інформація про можливе хімічне зараження території, напрямок та швидкість можливого руху зараженого повітря, райони, яким загрожує небезпека. Дається інформація про поведінку населення. Залежно від обставин: залишатися на місці, у закритих житлових приміщеннях, на робочих місцях чи залишати їх і, застосувавши засоби індивідуального захисту, вирушити на місця збору для евакуації або в захисні споруди. Надалі діяти відповідно до вказівок штабу органів управління цивільного захисту.

«Землетрус». Подається повідомлення про загрозу землетрусу або його початок. Населення попереджається про необхідність відключити газ, воду, електроенергію, погасити вогонь у печах; повідомити сусідів про одержану інформацію; взяти необхідний одяг, документи, продукти харчування, вийти на вулицю і розміститися на відкритій місцевості на безпечній відстані від будинків, споруд, ліній електропередачі.

«Затоплення». Повідомляється район, в якому очікується затоплення в результаті підйому рівня води в річці чи аварії дамби.

Населення, яке проживає в даному районі, повинне взяти необхідні речі, документи, продукти харчування, воду, виключити електроенергію, відключити газ і зібратись у вказаному місці для евакуації. Повідомити сусідів про стихійне лихо і надалі слухати інформацію штабу органів

управління цивільного захисту.

«Штормове попередження». Подається інформація для населення про посилення вітру. Населенню необхідно зачинити вікна, двері. Закрити в приміщеннях сільськогосподарських тварин. Повідомити сусідів. Населенню, по можливості, перейти в підвали, погребі.

5.1.2 Сигнали оповіщення в воєнний час

Сигнал «Повітряна тривога» подається для всього населення. Попереджається про небезпеку ураження противником даного району. По радіо передається текст: «Увага! Увага! Повітряна тривога! Повітряна тривога!» Одночасно сигнал дублюється сиренами, гудками підприємств і транспорту. Тривалість сигналу 2—3 хв.

При цьому сигналі об'єкти припиняють роботу, транспорт зупиняється і все населення укривається в захисних спорудах. Робітники і службовці припиняють роботу відповідно до інструкції і вказівок адміністрації. Там, де неможливо через технологічний процес або через вимоги безпеки зупинити виробництво, залишаються чергові, для яких мають бути захисні споруди.

Сигнал може застати у будь-якому місці й будь-який час. В усіх випадках необхідно діяти швидко, але спокійно, впевнено, без паніки. Суворо дотримуватися правил поведінки, вказівок органів цивільного захисту.

Сигнал «Відбій повітряної тривоги». Органами цивільного захисту через радіотрансляційну мережу передається текст: «Увага! Увага! Громадяни! Відбій повітряної тривоги!». За цим сигналом населення залишає захисні споруди і повертається на свої робочі місця і в житла.

Сигнал «Радіаційна небезпека» подається в населених пунктах і в районах, в напрямку яких рухається радіоактивна хмара, що утворилася від вибуху ядерного боєприпасу.

Почувши цей сигнал, необхідно з індивідуальної аптечки ЛІ-2 прийняти шість таблеток радіозахисного препарату № 1 із гнізда 4, надіти респіратор, протипилову пов'язку, ватно-марлеву маску або протигаз, взяти запас продуктів, документи, медикаменти, предмети першої потреби і

направитися у сховище або ПРУ.

Сигнал «Хімічна тривога» подається у разі загрози або безпосереднього виявлення хімічного або бактеріологічного нападу (зараження). При цьому сигналі необхідно прийняти з індивідуальної аптечки АІ-2 одну таблетку препарату при отруєнні фосфорорганічними речовинами з пенала з гнізда 2 або п'ять таблеток протибактеріального препарату № 1 із гнізда 5, швидко надіти протигаз, а за необхідності — і засоби захисту шкіри, якщо можливо, та укритися в захисних спорудах. Якщо таких поблизу немає, то від ураження аерозолями отруйних речовин і бактеріальних засобів можна сховатися в житлових чи виробничих приміщеннях.

При застосуванні противником біологічної зброї населенню буде подана інформація про наступні дії.

Успіх захисту населення залежатиме від дисциплінованості, своєчасної і правильної поведінки, суворого дотримання рекомендацій і вимог органів цивільного захисту [19].

5.1.3 Заходи протирадіаційного та протихімічного захисту

Протирадіаційний та протихімічний захист (ПР та ПХЗ) — це комплекс заходів ЦЗ, які направлені на запобігання чи послаблення дії іонізуючого опромінення, сильнодіючих та отруйних речовин [20].

ПР та ПХЗ включають такі заходи:

- 1) виявлення та оцінка радіаційної та хімічної обстановки;
- 2) розробка та введення в дію режимів радіаційного захисту;
- 3) організація та проведення дозиметричного та хімічного контролю;
- 4) способи захисту населення при радіоактивному та хімічному забрудненні;
- 5) забезпечення населення та формувань ЦЗ засобами ПР та ПХЗ;
- 6) ліквідація наслідків зараження, спеціальна санітарна обробка, знезаражування місцевості та будівель тощо. ПР та ПХЗ організовують завчасно начальники ЦЗ об'єктів і командири формувань.

5.2 Висновки за розділом

Таким чином, за допомогою правильно розроблених та впроваджених в життя заходів із оповіщення населення в умовах НС, в разі їх виникнення, можливо мінімізувати ризики для життя та здоров'я персоналу та відвідувачів цих підприємств і розміри заподіяної шкоди.

ВИСНОВКИ

Виконання дипломної роботи складалося з наступних етапів:

- 1) проведення аналізу літературних джерел;
- 2) засвоєння алгоритмів Deep InfoMax та Momentum Contrast для вирішення задачі навчання без учителя;
- 3) реалізація методів Deep InfoMax та Momentum Contrast з використанням бібліотек мови програмування Python.

Результати прогнозування показали, що алгоритм Deep InfoMax дає кращі результати, в той час як Momentum Constrast — більш вигідний з точки зору часу та обчислювальних ресурсів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1 Stack Exchange — [Електронний ресурс] // <https://stackexchange.com/> What is self-supervised learning in machine learning?: <https://ai.stackexchange.com/questions/10623/what-is-self-supervised-learning-in-machine-learning>

2 Анализ малых данных — [Електронний ресурс] // dyakonov.org : Самообучение (Self-Supervision): <https://dyakonov.org/2020/06/03/самообучение-self-supervision/>

3 Xingyi Yang (2020). «Transfer Learning or Self-supervised Learning? A Tale of Two Pretraining Paradigms». ICLR.

4 R Devon Hjelm, et al. (2019). «LEARNING DEEP REPRESENTATIONS BY MUTUAL INFORMATION ESTIMATION AND MAXIMIZATION». ICLR.

5 Kaiming He, Haoqi Fan, Yuxin Wu, Saining Xie and Ross Girshick (2020). «Momentum Contrast for Unsupervised Visual Representation Learning». Facebook AI Research.

6 towards data science — [Електронний ресурс] // <https://towardsdatascience.com/> : Understanding Contrastive Learning: <https://towardsdatascience.com/understanding-contrastive-learning-d5b19fd96607>

7 Python — [Електронний ресурс] // <https://www.python.org> : The Python Tutoria URL: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>

8 Muller A and Guido S (2016). «Introduction to Machine Learning with Python: A Guide for Data Scientists». O'Reilly Media

9 Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А. В. Логунова. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 418 с.: ил.

10 towards data science — [Електронний ресурс] // <https://towardsdatascience.com/> : What is PyTorch?: <https://towardsdatascience.com/what-is-pytorch-a84e4559f0e3>

11 NumPy — [Електронний ресурс] // <https://www.numpy.org>

12 Matplotlib — [Електронний ресурс] // <https://matplotlib.org>

13 Computer Science UNIVERSITY OF TORONTO – [Електронний ресурс] // <https://web.cs.toronto.edu/> : The CIFAR-10 dataset: <https://www.cs.toronto.edu/~kriz/cifar.html>

14 Методичні вказівки для розробки розділу «Охорона праці та навколишнього середовища» у випускних дипломних роботах студентів інженерно – фізичного факультету та факультету «Інформатика і управління» очної та заочної форм навчання / Уклад. В. В. Березуцький, О. О. Кузьменко, М. М. Латишева. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 60 с. – Укр. мовою.

15 Кодекс цивільного захисту України – ВРУ №5403-VI, від 2.10.2012 р.

16 Концепція «Про захист населення і територій при загрозі і виникненні надзвичайної ситуації», схвалена Наказом Президента України від 26.03.1999 року № 234/99.

17 Кулаков М. А. Цивільна оборона : навч. посіб. / М. А. Кулаков, Т. В. Кукленко, В. О. Ляпун, В. О. Мягкий. – Х. : Факт, 2008. – 157 с.

18 Стеблюк М. І. Цивільна оборона : підруч. 3-тє вид., перероб. і доп. / М. І. Стеблюк. – К.: Знання, 2004. – 332 с.

19 Окнянське відділення державного професійно-технічного навчального закладу «Захарівський професійний ліцей» – [Електронний ресурс] // <http://krasniokny-fpl.edukit.od.ua/> : Як працює оповіщення про надзвичайні ситуації: http://krasniokny-fpl.edukit.od.ua/ohorona_praci_i_bzhd/yak_pracyuye_opovischennya_pro_nadzvichajni_situacii/

20 В.В. Ляхов, В.О. Васійчук, С.М. Мирошніченко Цивільний захист: Конспект лекцій для проведення занять з цивільного захисту зі співробітниками НУ «Львівська політехніка».- Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2020 – 80 с.