

Хмельницький національний університет

Повна назва вищого навчального закладу

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Повна назва факультету

Кафедра будівництва та цивільної безпеки

Повна назва кафедри

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань 26 – Цивільна безпека

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 263 – Цивільна безпека

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація Охорона праці (за галузями)

на тему «Розробка рекомендаційної системи оцінки умов праці при роботі за персональним комп'ютером»

Шифр ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ

Виконав: студент групи ЦВБмз-21-1

_____ *Соколан Ю.С.*
Підпис

Керівник:

Підпис, дата

_____ *Романішина О.В.*

До захисту допускаю:

Підпис, дата

_____ *Калда Г. С.*

Зав. кафедри _____

_____ 2022 р.

Хмельницький, 2022

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	5
1 ЕРГОНОМІЧНІ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ.....	7
1.1 Нормативно-правове забезпечення безпечних умов праці при роботі з електронно-обчислювальними машинами	7
1.2 Ергономіка робочого місця користувача комп'ютера	13
1.3 Зарубіжні тенденції запровадження безпечних умов праці при роботі з електронно-обчислювальними машинами	20
2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ.....	38
2.1 Експертні системи як інструментарій для оцінки за заданими умовами	38
2.2 Найбільш поширені експертні системи	42
2.3 Інструментарій розпізнавання об'єктів на зображеннях як один із методів навчання експертних систем	47
3 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЗА КОМП'ЮТЕРОМ	55
3.1 Установка рекомендаційної системи	55
3.2 Інтерфейс та принцип роботи рекомендаційної системи.....	61
3.3 Оцінка умов праці в Хмельницькому національному університеті за допомогою розробленої рекомендаційної системи.....	69
ВИСНОВОК	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	82

						ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розробка рекомендаційної системи оцінки умов праці при роботі за персональним комп'ютером			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Виконав</i>	Соколан Ю.С.							н		4	85
<i>Перевір.</i>	Романішина О.В.										
<i>Н.контр.</i>	Парщенко К.А.							гр. ЦВБмз – 21 – 1			
<i>Затв.</i>	Калда Г.С.										

конструкції робочого місця у відповідності із ергономічними вимогами та нормативно-правових регламентів в сфері використання ВДТ ЕОМ.

Об'єктом дослідження є робочі місця працівників, що використовують візуально-дисплейні термінали електронно-обчислювальних машин в процесі виконання своїх трудових обов'язків.

Предметом дослідження є розробка експертної системи проведення оцінки стану робочих місць за допомогою алгоритмів штучного інтелекту.

Наукова новизна полягає у використанні алгоритмів штучного інтелекту для проведення оцінки умов праці та надання подальших рекомендацій без втручання людини-експерта в області охорони праці.

Одержані результати дипломної роботи:

— проведено аналіз зарубіжних регулюючих документів стосовно регламентованих норм конструкції робочого місця користувача персонального комп'ютера;

— розроблено систему розпізнавання об'єктів на робочих місцях користувачів ПК;

— розроблено експертну систему надання рекомендацій стосовно конструкції робочого місця та відповідності такого робочого місця з ЕОМ ергономічним нормам та нормативно-правовим документам з питань охорони праці.

Практичного застосування результати дипломної роботи можуть отримати на будь-якому підприємстві при необхідності планування, розташування та розробки конструкції робочого місця оператора електронно-обчислювальної машини, а також при проведенні перевірки відповідності існуючих робочих місць чинним нормативно-правовим документам у цій сфері.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 ЕРГОНОМІЧНІ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИМИ МАШИНАМИ

1.1 Нормативно-правове забезпечення безпечних умов праці при роботі з електронно-обчислювальними машинами

На законодавчому рівні в Україні діє ряд державних стандартів, які регламентують умови безпечної експлуатації електронно-обчислювальних машин (ЕОМ):

1. Обладнання інформаційних технологій. Загальні вимоги – ДСТУ EN 60950-1:2015

2. Інформаційні технології. Безпека внутрішньої мережі - ДСТУ ISO/IEC 24767-1:2016;

3. Аудіо-, відео- та аналогічне електронне обладнання - ДСТУ EN 60065:2014;

4. Кабельні розподільчі системи - ДСТУ EN 60728-11:2015;

5. Апаратура оброблення інформації. Дистанційне електроживлення - ДСТУ IEC 60950-21:2010;

6. Обладнання радіопередавальне - ДСТУ EN 60215:2015;

7. Джерела безперебійного живлення - ДСТУ IEC 62040-1:2010;

8. Характеристики локальних обчислювальних мереж - ДСТУ IEC 60847:2003;

9. Апаратура оброблення інформації (частини 21-23) - ДСТУ EN 60950;

10. Обладнання аудіо-, відео-, комунікаційних та інформаційних технологій - ДСТУ EN 62368-1:2015;

11. Настанови щодо безпечності мультимедійного обладнання - ДСТУ-Н IEC Guide 112:2006;

12. Порядок обміну документами в електронному форматі - ДСТУ-Н ПМГ 48:2007;

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

13. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі (частини 1 – 14) - ДСТУ ISO 9241;

14. Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами з плоским екраном - ДСТУ ISO 13406-2:2006.

Але основним документом, який встановлює правила організації праці при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), тобто персональних комп'ютерів та ноутбуків, є ДСанПІН 3.3.2.007-98 «Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [19].

Ці правила призначені для того, щоб обмежити несприятливу дію шкідливих факторів на працівників, які виконують свої трудові обов'язки за допомогою ВДТ, в трудові обов'язки яких входить вплив зорового та нервово-емоційного напруження. Крім того, у документі зазначено, що їх дія поширюється на працівників, які виконують роботу у вимушеній робочій позі при напруженні верхніх кінцівок за умови, що напруження локальні, а загальна м'язова активність обмежена.

Дія вимог ДСанПІН 3.3.2.007-98 не поширюється на ряд візуально-дисплейних терміналів, до яких відносяться комп'ютерні гральні автомати, побутові телевізори, системи обробки даних громадського користування, калькулятори, каси реєстрації, робочі місця водіїв, пілотів, операторів транспортних засобів, а також комп'ютерні класи середніх та вищих закладів освіти, наряду із професійно-технічними закладами освіти.

В ДСанПІН 3.3.2.007-98 вказані ергономічні та гігієнічні вимоги до організації робочих місць у приміщеннях, де використовуються ВДТ, а дотримання вимог цих правил сприяє безпечним та здоровим умовам праці користувачів ЕОМ та запобігає погіршенням стану здоров'я працівників. При розробці державних стандартів та технічних умов на ВДТ, на рівні законодавства України встановлено, що виконання цих правил у в такій нормативній документації на виготовлення та використання ЕОМ є обов'язковим.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Слід відмітити, що заборонено затверджувати технічну та нормативну документацію на нові розроблені візуально-дисплейні термінали, на їх продаж, використання у виробничих умовах, закупівлю, постачання та ввезення на територію України без наступного:

- узгодження технічно-нормативної документації вищезазначених видів продукції з органами Держкомохоронпраці та Держсанепідслужби України;
- проведення гігієнічної оцінки їх безпеки з точки зору впливу на здоров'я людини;
- отримання відповідного гігієнічного сертифікату у відповідності до встановлених законодавством України вимог.

Відповідальність за виконання правил, зазначених у ДСанПН 3.3.2.007-98 покладається на фізичних та посадових осіб, які займаються підприємницькою діяльністю і здійснюють, відповідно, виробництво, розробку, реалізацію, закупівлю та використання ЕОМ в промислових та адміністративних приміщеннях. Незалежно від форми власності та підлеглості, керівники підприємств, державних органів, установ та організацій з метою забезпечення виробничого контролю повинні в обов'язковому порядку проводити впорядкування робочих місць відповідно до вимог ДСанПН 3.3.2.007-98.

У правилах відмічається, що об'ємно-планувальні рішення приміщень та будівель, які планується використовувати як приміщення із робочими місцями, оснащеними ВДТ, повинні відповідати вимогам, що наведені в ДСанПН 3.3.2.007-98. В будівлях суворо забороняється облаштовувати такі приміщення на цокольних, напівцокольних та підвальних поверхах.

Також регламентуються мінімальні значення площі і об'єму на одного працівника, що використовують ВДТ ЕОМ, які відповідно становлять 6 м² площі та 20 м³ об'єму.

ДСанПН 3.3.2.007-98 був розроблений у 1998 році, тому в ньому вказано, що природне і штучне освітлення в приміщеннях з ВДТ повинні відповідати не діючим вже нормам СНиП II-4-79 [33]. Цей документ визначав норми до природного та штучного освітлення в приміщеннях з 1979 року до тих пір, поки

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

йому на заміну не прийшов ДБН В.2.5 – 28 – 2006 [15] у 2006 році, який у 2019 році був замінений на ДБН В.2.5:28 – 2018 Природне і штучне освітлення [16]. Тобто, норми природного і штучного освітлення в приміщеннях з ВДТ ЕОМ повинні відповідати нормам ДБН В.2.5:28 – 2018 Природне і штучне освітлення [16].

Відмічено, що природне освітлення рекомендується проектувати через вікна, переважно орієнтовані на північ чи північний схід, при цьому коефіцієнт природної освітленості (КПО) повинен становити не менше 1,5%. Розрахунок природного освітлення повинен проводитись у відповідності із методикою, наведеною в ДБН В.2.5:28 – 2018.

В той же час відзначається, що віконні світлові прорізи повинні бути обладнані регульованими пристроями, такими як завіски, зовнішні козирки, жалюзі, тощо. Оздоблення приміщень всередині повинно використовувати дифузно-відбивні матеріали, коефіцієнти відображення поверхонь яких становлять 0,5-0,6 для стін та 0,7-0,8 для підлоги.

Виробничі приміщення для роботи із ВДТ ЕОМ, до яких так само відносяться і операторські, і диспетчерські, не повинні межувати з такими приміщеннями, як наприклад майстерні чи виробничі цехи, тобто з приміщеннями, в яких рівні вібрацій і шуму перевищують допустимі значення за СН 3044-84, СН 3223-85, ГОСТ 12.1.003-83 та ГР 2411-81.

Приміщення, в яких робочі місця обладнані ВДТ ЕОМ повинні мати системи опалення, кондиціонування повітря або систему припливно-витяжної вентиляції. Нормативні параметри вмісту шкідливих речовин, іонного складу повітря та параметри мікроклімату повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.007-76, СН 2152-80, СН 4088-86.

Підлогове покриття повинно бути матовим, а коефіцієнт відображення поверхні такого покриття повинен лежати в межах від 0,3 до 0,5. Сама ж поверхня підлоги обов'язково повинна бути неслизькою, рівною та мати антистатичні властивості.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

При оздобленні інтер'єру приміщень із ВДТ ЕОМ забороняється використовувати ряд полімерні матеріалів, які виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини, до яких відносяться: шпалери, що миються, деревинно-стружкові матеріали, шаруватий паперовий пластик, рулонні синтетичні матеріали, тощо. У випадках, якщо у власника приміщення є дозвіл від органу державної санітарно-епідеміологічної служби, дозволяється використовувати ряд полімерних матеріалів для внутрішнього оздоблення приміщень, але не ті, що були зазначені вище.

Обов'язково у приміщеннях з ВДТ ЕОМ повинні бути аптечки для проведення першої медичної допомоги. Крім того, в таких приміщеннях щоденно повинно проводитись вологе прибирання. Частина виробничих приміщень з ВДТ можуть обладнуватись шафами, полицями, тумбами, стелажми, тощо.

Враховуючи підвищений рівень емоційної та нервової напруженості організму при роботі з ЕОМ, в ДСанПІН 3.3.2.007-98 регламентується обов'язкове облаштування побутових приміщень для відпочинку, кімнат психологічного розвантаження, тощо. В таких кімнатах повинно бути передбачене встановлення пристроїв для приготування напоїв та їжі, а також вільного місця для занять фізичною культурою.

В ДСанПІН 3.3.2.007-98 відзначається, що у виробничих приміщеннях, в яких робочі місця облаштовані ВДТ, повинні забезпечуватись оптимальні значення параметрів мікроклімату, а саме руху повітря, відносної вологості та температури повітря. Сам документ відсилається на стандарти ГОСТ 12.1.005-88 та СН 4088-86. Як і у випадку із природним і штучним освітленням, ці нормативно-правові документ вже не діють на території України та були замінені відповідними ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [20].

У вимогах до штучного освітлення таких приміщень із візуально-дисплейними терміналами освітлення повинно здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. В разі переважної роботи із документами в адміністративно-громадських та виробничих приміщеннях допускається

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

використання комбінованої системи освітлення, при якій до загальної системи освітлення додатково додаються місцеві освітлювальні прилади.

Значення штучного освітлення визначається такою світлотехнічною характеристикою, як освітленість, як вимірюється в люксах і в зоні розміщення документів освітленість робочого місця повинна становити 300-500 лк. В цьому випадку так само дозволяється доповнювати систему загального освітлення системою місцевого освітлення, але тільки за умови, якщо система загального освітлення не здатна забезпечити регламентовані значення освітленості. Місцеві освітлювальні прилади в такому випадку повинні встановлюватись таким чином, щоб мінімізувати створення бліків на поверхні ВДТ, а освітленість самого ВДТ не повинна при цьому перевищувати значення в 300 лк.

В разі використання штучного освітлення рекомендується в якості джерела світла використовувати люмінісцентні лампи типа ЛБ. В світильниках системи місцевого освітлення допускається використання ламп розжарювання. Слід враховувати, що документ був розроблений у 1998 році, коли на ринку особливо не було альтернативи люмінісцентним лампам та лампам розжарювання. В сучасних реаліях краще було б використовувати світлодіодні джерела світла.

Система загального освітлення приміщення із ВДТ повинна представляти собою преривчасті або суцільні лінії світильників, які розташовані збоку від робочих місць, при чому рекомендується розташування ліворуч, паралельно лінії зору робітників.

Яскравість світильників системи загального освітлення в зоні кутів випромінювання повинна лежати в межах від 50 до 90 градусів з вертикаллю по поперечній і повздовжній площинах і повинна становити не більше ніж 200 кд/м², а захисний кут світильників в свою чергу повинен бути не менше ніж 40 градусів.

В приміщеннях з ВДТ варто передбачати обмеження прямої блискоті джерел штучного та природного освітлення. Яскравість таких світлих поверхонь, як вікна та джерела штучного освітлення, повинна бути в полі зору не більше 200 кд/м².

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

У разі використання джерел штучного загального освітлення показник осліпленості в приміщеннях з ВДТ ЕОМ не повинен перевищувати 20, а показник дискомфорту – 40. З метою обмеження нерівномірності яскравості в полі зору працівників, що використовують ВДТ ЕОМ, регламентується співвідношення яскравостей робочих поверхонь, яке становить 3:1. В той же час, співвідношення яскравостей поверхонь стін і робочих поверхонь, обладнання, тощо регламентується на значенні 5:1.

Коефіцієнт запасу для установок загального освітлення приймається 1.4, а коефіцієнт пульсації не перевищує 5%.

1.2 Ергономіка робочого місця користувача комп'ютера

При плануванні робочого місця, на якому використовуються ВДТ ЕОМ, важливо продумати візуальне оточення та планування. Розташування освітлення, розташування вікон, а також тип освітлювальних приладів, що використовується – це важливі моменти, які повинні враховуватись при плануванні робочих приміщень, в яких використовуються ВДТ ЕОМ.

Слід також враховувати, що певна офісна техніка, до прикладу принтери та ксерокси, так само як і інші люди і працівники, можуть впливати на концентрацію уваги робітників. Користувачі комп'ютерів, на робочому місці яких встановлені принтери та ксерокси, можуть відволікатись не лише на шум обладнання, а й на тепло, що виділяється цим обладнанням. Це лише декілька невагомих прикладів, які пояснюють наявність вимог до розташування робочих місць з ЕОМ в приміщеннях певним чином.

Наряду із основними нормами стосовно параметрів мікроклімату, освітлення, рівня виробничого шуму, тощо, ДСанПіН 3.3.2.007-98 регламентує і ергономічні норми стосовно облаштування робочого місця користувача ЕОМ.

Організація робочого місця працівників з ВДТ ЕОМ повинна відповідати конструкції елементів робочого місця із врахуванням взаємного розташування та врахування ергономічних вимог, наряду із врахуванням характеру та

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

особливостей проведення трудової діяльності. До прикладу, робочі місця по відношенню до джерел природного світла, тобто до вікон, рекомендується розташовувати таким чином, щоб природне світло падало переважно з лівого боку.

При розміщенні робочих столів слід дотримуватись вимог до відстані між бічними поверхнями ВДТ різних робочих місць, яка повинна становити щонайменше 1,2 м. При цьому також регламентується мінімальна відстань від тильної сторони одного ВДТ до іншого на значенні мінімум 2,5 м.

Вимоги до конструкції робочого місця можна умовно поділити на забезпечення чотирьох основних пунктів:

- 1) Забезпечення оптимального розміщення обладнання.
- 2) Дотримання нормального рівня акустичного шуму при роботі.
- 3) Наявність штучного та природнього освітлення.
- 4) Достатній робочий простір.

Сама конструкція робочого місця повинна відповідати вимогам ергономіки і, як результат, забезпечувати оптимальне розміщення обладнання, що використовується при роботі з ВДТ та документів.

В тривимірному просторі при роботі за ЕОМ виділяється три основні зони [21]:

1. Зона моторного поля – це простір робочому місця, в якому людина здатна виконувати рухи будь-якими частинами свого тіла при роботі. Якщо розглядати місце оператора ЕОМ, то основним положенням для роботи в цьому випадку буде положення сидячи, а основними елементами конструкції робочого місця будуть стіл та стілець.

2. Максимальна зона досяжності рук – це частина моторного поля робочого місця оператора ЕОМ, яка обмежується дугами досяжності людських рук.

3. Оптимальна робоча зона – частина моторного поля, обмежена дугами, які описують лікті з відносно нерухомим плечем.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

перевищувати 5°). Завдяки цьому зменшується негативний вплив мерехтіння на зір оператора ЕОМ.

2. Клавіатура – в зонах Г/Д із врахуванням унікальних особливостей кожного окремого працівника (наприклад, працівник правша чи лівша). Розташування відносно краю столу клавіатури повинно забезпечувати вимогу по відстані в 100-300 мм. Сама клавіатура у своїй конструкції повинна мати можливість регулювання кута нахилу до оператора ЕОМ в межах 5-15°. Середній рядок клавіш клавіатури по висоті не повинен розташуватись вище, ніж на 30 мм.

3. Системний блок необхідно встановлювати в зоні Б зліва (для правші) або справа (для лівші).

4. Принтер встановлюється в зоні А справа (для правші) або зліва (для лівші).

5. Документація, яка щоденно використовується при роботі, розміщується в зоні В (зліва/справа за аналогією з принтером та системним блоком).

6. Якщо документація використовується не постійно в роботі, то рекомендується розміщувати її у висувних ящиках стола.

ДСанПіН 3.3.2.007-98 регламентує також габаритні розміри елементів робочого місця користувача ЕОМ. До прикладу вказано, що висота робочої поверхні стола, на якому використовується ВДТ ЕОМ, повинна регулюватись в межах від 680 до 800 мм, а глибина і ширина повинні забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності рук, тобто розміри глибини повинні бути 800-1000 мм, а ширини робочого місця – 600-1400 мм [19].

З метою зменшення ризику професійних захворювань, пов'язаних із кровообігом в нижніх кінцівках та опорно-руховим апаратом, регламентується також і розміри простору для ніг, які повинні забезпечуватись конструкцією робочого столу. Так відмічається, що висота робочого простору для ніг під столом для користувача ЕОМ повинна бути не менше 600 мм, глибина, яка вимірюється на рівні колін – не менше 450 мм, в той час як на рівні витягнутої ноги – не менше 650 мм, а мінімальна ширина простору для ніг повинна становити 500 мм.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Аналогічно до норм конструкцій робочого столу, регламентуються також і вимоги до конструкції робочого стільця. Він повинен бути підйомно-поворотним, та забезпечувати наступні вимоги [21]:

- Мати висоту опорної поверхні спинки стільця, яка лежить в межах 300 +/- 20 мм, при цьому ширина повинна бути не менше 380 мм;
- Спинка повинна мати можливість регулювання висоти по відношенню до сидіння стільця;
- Наявність коліщаток у стільця є рекомендованим, але не обов'язковим фактором;
- Сам стілець повинен мати можливість регулювання висоти в межах від 400 до 550 мм;
- Кут нахилу спинки відносно сидіння стільця повинен регулюватись в межах від 15° вперед і 5° назад;
- Стілець повинен мати підлокітники, довжина яких повинна бути не менше 250 мм, а ширина лежати в межах 50-70 мм;
- Підлокітники повинні мати можливість регулювання по висоті (230 ± 30 мм);
- Відстань між підлокітниками так само повинна мати можливість регулювання (300-500 мм);
- Сама поверхня сидіння стільця повинна мати заокруглений передній край з метою уникнення перетискання кровообігу в ногах;
- Розмір сидіння повинен бути не менше 400 мм (від краю до спинки);
- Спинка по відношенню до переднього краю сидіння повинна регулюватись в межах 260-400 мм.

Крім того регламентується, що робоче сидіння (стілець) повинно бути обладнано підставкою для ніг (ширина не менше 300 мм, глибина – 400 мм і більше). Така підставка повинна мати можливість регулювання по висоті в межах 150 мм, наряду із регулюванням куту нахилу підставки до 20°.

В цілому працівник, що використовує ВДТ ЕОМ у своїй роботі класифікується таким за умови, що він проводить за ЕОМ не менше 50% свого

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

робочого часу. Впродовж робочої зміни у працівника-оператора ЕОМ є права на стандартні перерви, до яких відносяться перерва для особистих потреб та відпочинку, стандартна обідня перерва для вживання їжі та відпочинку, а також додаткові перерви, за умови, що такі передбачені на рівні Законодавства України.

За Державним класифікатором професій виділяють три види операторів ЕОМ:

1. Оператор комп'ютерного набору – особа, яка в процесі виконання своїх трудових обов'язків виконує одноманітні роботи, які пов'язані із документацією та роботою із клавіатурою. Переключення погляду на екран дисплею при цьому є нетривалими та нечастими, а введення даних в ЕОМ – швидким.

2. Оператори ЕОМ, пов'язані із обліком інформації, що вони отримують з візуально-дисплейного терміналу за попереднім запитом.

3. Розробники-програм – працівники, які переважно виконують роботу з ВДТ та відповідною документацією із високим рівнем інтенсивного обміну інформації з ЕОМ, а також високим рівнем частоти прийняття рішень.

На рівні Законодавства України для першої групи працівників (оператори комп'ютерного набору) встановлена регламентована додаткова перерва триває 10 хвилин, а працівник має право брати таку перерву після кожної години роботи. Другий клас працівників має право на додаткову перерву тривалістю 15 хвилин через кожні 2 години відпрацьованого за ЕОМ часу. Клас розробників-програм (або інженерів-програмістів) мають право після кожної години роботи брати додаткову перерву тривалістю до 15 хвилин.

Працівники, що виконують свої трудові обов'язки за ноутбука або ЕОМ, повинні намагатись приймати при роботі правильне положення. Таке положення було рекомендоване внаслідок ряду проведених досліджень та збору статистичної інформації стосовно негативних для здоров'я працівників наслідків впливу довготривалого сидіння на організм людини.

Для мінімізації ризику виникнення захворювань, пов'язаних із опорно-руховим апаратом (наприклад, сколіоз, лордоз, кіфоз, тощо), операторам ЕОМ рекомендується більшу частину свого робочого часу знаходитись в правильній

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

робочій позі (рис. 1.2). Науковцями в питаннях ергономіки була розроблена коротка інструкція, завдяки якій працівники можуть самостійно відслідковувати правильність своєї робочої пози.



Рисунок 1.2 – Правильне рекомендоване положення при роботі за ЕОМ

На початку інструкції працівнику рекомендується сісти на стілець перед робочим столом прямо. Після цього варто випрямити спину, розвернувши при цьому корпус до ВДТ. Жорстко не рекомендується сидіти в півоберта по відношенню до ВДТ ЕОМ. Далі необхідно поставити обидві ступні на підлогу, при цьому схрещувати ноги не рекомендується. Поперек повинен бути трошки вигнутим, а також більшу частину робочого часу опиратись на спинку стільця.

Працівнику рекомендується розслабити ноги та корпус, при цьому варто слідкувати за рівнем зручності сидіння в такій позі. Якщо ноги не торкаються підлоги, працівнику слід використовувати підставку для ніг. Плечі повинні бути розслабленими, так само як і руки. Лікті повинні опиратись на підлокітники стільця, які є обов'язковим елементом конструкції робочого місця. При роботі з клавіатурою пальці не повинні напружуватись, а лінія плеча варто розташовувати над лінією стегон.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

У випадку із роботою з ноутбуком рекомендації стосовно робочої пози трошки змінюються. Це пояснюється тим, що конструкція ноутбука не передбачає відокремлення клавіатури від екрану. Таким чином, якщо оператор ЕОМ буде оперуватись рекомендаціями стосовно правильного положення при роботі за стаціонарним ПК, то, як наслідок, або клавіатура буде розташована занадто далеко для зручного набору тексту, або ВДТ ноутбука буде занадто близько для очей, що негативно впливатиме на зір працівника. Рекомендована поза для роботи з ноутбуком зображена на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Правильне рекомендоване положення при роботі за ноутбуком

Дотримання вищезазначених правил при роботі з ВДТ ЕОМ мінімізує ризик виникнення професійних захворювань у операторів ЕОМ, таких як викривлення хребта, погіршення зору, цукровий діабет, розвиток тунельного синдрому (синдрому зап'ястного каналу), тощо.

1.3 Зарубіжні тенденції запровадження безпечних умов праці при роботі з електронно-обчислювальними машинами

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Використання комп'ютерів суттєво вплинуло на багато аспектів повсякденного життя. Наприкінці 2011 року на Сполучені Штати припадало понад 19% (або 310,6 млн.) комп'ютерів, що використовувалися, а Китай і Індія посідали друге і п'яте місця - 12,2 і 3,56%, відповідно. Використання інформаційних технологій докорінно змінило практику і процедури всіх форм діяльності в управлінні, бізнесі, освіті та дозвіллі, бізнесі, освіті та дозвіллі. Тим не менш, ця величезні зміни супроводжуються збільшенням кількості скарг пов'язаних з проблемами зі здоров'ям. Занепокоєння з приводу розладів опорно-рухового апарату і зору, пов'язаних з використанням комп'ютера (Bergqvist et al. 1995a, 1995b; Thomson 1998) призвели до розробки різних стандартів і рекомендацій щодо проектування комп'ютерних дизайну комп'ютерних робочих станцій, таких як Міжнародна організація Міжнародної організації зі стандартизації ISO-9241 (Європа), Національні стандарти та національні настанови [2]:

- 1) Канадський стандарт Can/CSA-Z412-M89;
- 2) Австралійський стандарт AS-3590.2;
- 3) Американський стандарт ANSI/HFES-100;
- 4) "Посібник з роботи з комп'ютерами" (виданий Департаментом праці Гонконга)
- 5) Національний кодекс практики щодо запобігання синдрому професійного синдрому перенапруження (Австралія) [2].

Сьогодні в світі існує декілька стандартів з ергономіки, які включають в себе національне законодавство, національні та міжнародні стандарти та державні настанови, які видані відповідними регулюючими органами або добровільними організаціями, що займаються розробками стандартів, наряду із технологічними угодами між компаніями та торговельними союзами. Ряд розвитку подій, таких як створення стандартів та настанов, проведення інспекційних аудитів та проведення конференцій присвячених впливу візуальних дисплейних терміналів в період з 1972 по 1990 роки показані в табл. 1.1.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Продовження таблиці 1.1.

1987	Швеція	Запровадження вимоги до вимірювання магнітного випромінювання
1988	США	Опублікування стандартів до робочих місць, які використовують ВДТ
1989	Канада	Створення стандарту по роботі з ВДТ
1990	Австралія	Публікація стандартів до робочих місць, які використовують ВДТ

Проведений аналіз базується на результатах наукових статей, які були опубліковані у період з 1960 по 2013 роки в журналах, які індексуються науково-метричними базами Scopus, ScienceDirect та Google Scholar. Пошук проводився по таким ключовим словам, як візуально-дисплейний термінал, комп'ютер, миша, клавіатура, підтримка хребта, монітор, офісний стілець, підлокітники, робоча поверхня, кут зору на відстань.

Після проведеного аналізу було встановлено, що найбільш значні та вагомі дослідження, а також найбільша їх кількість були опубліковані в період з 1980 по 1990 роки. Дослідження включало в себе аналіз близько 80 наукових статей, які були присвячені:

- 8 статей досліджували позу сидячи при роботі за ЕОМ;
- 26 досліджень присвячені розташуванню монітора;
- 13 досліджень присвячені стільцю для сидіння;
- 16 досліджень по впливу сидіння на хребет;
- 10 досліджень присвячені використанню підлокітників;
- 14 статей аналізували робочу поверхню.

В результаті такого дослідження було встановлено різні специфікації до питань ергономіки, які були прийняті по всьому світу. Крім того, було встановлено, що в межах різних країн, та навіть різних організацій в межах однієї країни існують розходження в нормах та стандартах з питань ергономіки робочого місця користувача ЕОМ. Для кращого розуміння цих невідповідностей,

було виокремлено діючі ергономічні стандарти та настанови в таких країнах, як США, Канада, Австралія, Гонконг та Європа. Результати цього аналітичного порівняння в нормативах різних країн наведені в табл. 1.2 – 1.8.

Правильне положення при роботі за ЕОМ відіграє важливу роль для попереку та хребта. Базуючись на стандартній моделі сидіння, типовий офісний стілець найчастіше сприяє підтриманню випрямленого положення спини, завдяки чому досягається правильне тримання ліктів, колін та стегон. Тим не менше, робота в одній й тій самій позиції протягом тривалого часу призводить до низки ризиків виникнення професійних захворювань.

В зв'язку з цим деякі дослідники пропонують застосування альтернативних поз для сидіння при роботі з ВДТ ЕОМ. До прикладу, у 1984 році було запропоновано надавати перевагу сидячому положенню, в якому спина відхилена назад замість пози, коли хребет нахилений вперед. Австралійські стандарти, до прикладу, включили три варіанти положення сидячи при роботі за ЕОМ.

Результати цього аналітичного порівняння до положення сидячи в нормативах різних країн наведені в табл. 1.2.

Правильне розташування монітора на робочому столі так само має дуже важливе значення для забезпечення нормальних умов праці. Більшість настанов та стандартів рекомендує, щоб монітор знаходився на рівні очей або трошки нижче рівня очей – це сприятиме забезпеченню нормального кута погляду на екран та адекватної відстані до монітора. При цьому, всі стандарти та настанови регламентують, що правильно розташовувати ВДТ прямо перед працівником, без відхилень вліво чи направо відносно його сидячого положення.

Діючі норми ергономіки встановлюють певний ряд відстаней та кутів погляду на екран ВДТ. Тим не менше, з табл. 1.3 видно, що по цьому параметру у більшості державних стандартів різних країн спостерігаються значні відхилення. Наприклад, австралійський стандарт AS-3590.2 пропонує розташовувати монітор нижче рівня очей таким чином, щоб кут зору лежав в межах від 32 до 45°. В той же час стандарт Сполучених Штатів Америки ANSI/HFES-100 рекомендує використовувати середнє розташування монітору,

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

щоб кут зору вниз становив від 15 до 25° (табл. 1.3). Ця невідповідність може пояснюватись наявністю різниці у висоті самого ВДТ і позиції сидіння людини при роботі із врахуванням впливу на шию та органи зору.

Таблиця 1.2. Порівняння стандартів ергономіки до положення сидячи при роботі за ЕОМ в різних країнах

Країна	Гонконг	Європа	США	Канада	Австралія
Діючий стандарт	Настанова Департаменту Праці	ISO-9241	ANSI/HFES-100	CAN/CSA-Z412-M89	AS-3590.2
Вимога					
Нахил голови вперед	-	-	-	-	Максимум 15°
Плечі	Приблизно під прямим кутом	-	Кут плечей в межах 70-135°	Приблизно у вертикальному положенні	-
Руки та кисті	Випрямлені кисті Нахил кисті максимум 10°	-	Випрямлені руки Максимальний вигин кисті 10°	Руки на одній прямій із ліктями Кисті випрямлені	Максимум 10°
Ноги	Стегна приблизно горизонтальні, ступні стоять на підлозі	-	Стегна в горизонтальному положенні	Стегна в горизонтальному положенні, коліна під кутом 90°	Вільний рух ніг без перешкод

Таблиця 1.3. Порівняння стандартів ергономіки до розташування монітора в різних країнах

Країна	Гонконг	Європа	США	Канада	Австралія
Діючий стандарт	Настанова Департаменту Праці	ISO-9241	ANSI/HFES-100	CAN/CSA-Z412-M89	AS-3590.2
Вимога					
Вертикальний кут огляду	15-20°	35°	15-25°	≤ 45°	32-45°
Бічний кут огляду	-	-	-	≤30°	≤30°
Оптимальна дистанція для зору	350-600 мм	≤400 мм	500-1000 мм	400-700 мм	350-750 мм
Нахил монітора відносно горизонтальної площини	-	-	-	-	Із можливістю налаштування від 5° вперед до 20° назад
Поворот монітора відносно вертикальної осі	-	-	-	-	Мінімум 50°

Більшість наукових статей дослідників в сфері ергономіки рекомендують використовувати середнє розташування монітору в межах від 15 до 25° нижче напрямку зору працівника. Слід враховувати тенденцію до зростання популярності смартфонів, планшетів та планшетних комп'ютерів. Автори Шіен

та Лі [9] зробили припущення, що кут погляду на сенсорний ВДТ повинен лежати в межах від 30 до 35°, тобто нижче, ніж для моніторів стаціонарних ЕОМ.

Нещодавні дослідження показали, що дисплеї комп'ютерів все ж таки краще розташовувати із врахуванням в першу чергу індивідуальних особливостей кожного окремого працівника в межах середнього діапазону відхилення від горизонтальної площини зору. Таке розташування сприятиме чіткому баченні на ВДТ та фізіологічно сприятливого нахилу голови. Таким чином, вся візуальна зона екрану монітора повинна лежати в межах від 0 до 60° при вертикально рівному положенні сидячи.

Стандарт AS-3590.2 встановлює нормативну відстань до монітору в межах від 35 до 75 см, при цьому слід враховувати, що ця відстань менша від відстані, яка регламентується стандартами ANSI/HFES-100 та CAN/CSA-Z412-M8. Ця невідповідність може пояснюватись відхиленнями в індивідуальних можливостях кожного окремого працівника та вимог поставленого працівнику завдання, наприклад, оператори текстового набору можуть перебувати у положенні, яке відрізняється від положення користувачів та/або редакторів тексту.

Слід враховувати, що користувачі із нормальним рівнем зору часто повідомляють про більшу втому очей при відстані до монітора 50 см, ніж у випадку з відстанню 100 см. Люди із 100% зором відзначають, що відстань у 50 см для них відчувається як занадто близька для виконання типових задач на ЕОМ. Інші дослідження показали, що більшість працівників надають перевагу відстані до монітора, яка лежить в межах від 63 до 85 см.

Якщо порівнювати попередні дослідження із дослідженнями стосовно відстані до екрану планшетів, планшетних комп'ютерів можна зробити висновок, що більшості користувачів на такій відстані доводилось нахилитись вперед, що призводило до зменшення відстані огляду. Дослідження, проведені Шіен [8, 9] встановив, що середня відстань огляду для ноутбука у користувачів становила 42,3 см, тобто на 20 см менше від рекомендованих 63,5 см для портативного комп'ютера.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

AS-3590.2 та CAN/CSA-Z412-M89 на значеннях 51 і 52 см відповідно. Крім того, у стандарті США не згадується про обов'язкову можливість регулювання глибини сидіння по відношенню до спинки робочого стільця.

Таблиця 1.5. Порівняння стандартів ергономіки до спинки стільця в різних країнах

Країна	Гонконг	Європа	США	Канада	Австралія
Діючий стандарт	Настанова Департаменту Праці	ISO- 9241	ANSI/HFES- 100	CAN/CSA- Z412-M89	AS- 3590.2
Вимога					
Висота спинки	-	-	≤450 мм	380-530 мм	≤430 мм
Ширина спинки	350-480 мм	-	≥360 мм	350-480 мм	≥360 мм
Висота центру вигину	-	-	150-250 мм	200-250 мм	220-250 мм
Можливість нахилу вперед	-	-	-	≤380 мм	≤330 мм
Можливість нахилу назад	-	-	-	≤430 мм	≤480 мм
Відстань від краю сидіння до спинки	-	-	150-200 мм	120-200 мм	100-200 мм
Кут спинки	-	-	90-120°	95-110°	100-120°

Якщо розглядати питання з точки зору оптимального рекомендованого значення, то краще обрати найширший діапазон, який становить від 38 до 56 см для регулювання висоти сидіння і від 33 до 48 см для регулювання глибини сидіння.

Деякі вчена відмічають, що наявність можливості регулювання куту нахилу спинки є значною перевагою для робочого крісла. В дослідженнях порівнювався вплив офісних стільців різних типів на опорно-руховий апарат людини та його м'язову систему. В результаті було виявлено, що сидіння з кутом нахилу в межах 10° вперед знижує внутрішньодисковий тиск хребта на 30% у порівнянні із рівно горизонтальним сидінням. При цьому, кут нахилу сидіння 15° або більше призводить до збільшення м'язового напруження [4].

Як підсумок можна зробити висновок, що зручнішим для користувача все ж таки буде стілець із фіксованим положенням сидіння, товщина якого повинна лежати в межах 5 см і мати покриття тканиною, що забезпечить опір ковзанню.

При аналізі питання нормативів по відношенню до підлокітників робочого стільця також виявлені розбіжності. Традиційно підлокітники не рекомендуються особам, які працюють на посаді друкарок, оскільки вони можуть перешкоджати вільному руху рук при наборі тексту. Однак Грін вказав, що ця традиційна плаваюча поза не ґрунтується на жодних надійних наукових доказах [1]. Якщо враховувати дослідження, проведені протягом останніх десяти років, можна зробити висновок, що підтримка рук та ліктів при роботі з клавіатурою забезпечує більш правильну робочу позу оператора ЕОМ (табл. 1.6).

Як правило, правильно спроектовані підлокітники стільця зменшують м'язові напруження в шії та руках, які виникають під час роботи з ЕОМ, а також зменшують тиск на хребет. Крім того, використання підлокітників підтримують рухи, які пов'язані із виконанням типових завдань за ЕОМ. Більшість науковців роблять висновок про те, що при виконанні комп'ютерно-інтенсивних завдань використання підлокітників зменшує втому передпліччя і плеча, а також втому передпліччя і плеча, а також дискомфорт [2].

					ДРЦДВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

причиною виникнення у працівника такого професійного захворювання як тунельний синдром, в першу чергу пов'язане із власне розгинанням зап'ястя, а не із положенням ліктьового суглоба.

Можна знайти рекомендації науковців [10] в області ергономіки стосовно того, щоб при виконанні друку на клавіатурі висота на 5 см вище рівня положення ліктя є більш корисною, ніж положення клавіатури на рівні колін користувача. Це пов'язано з тим, що розгинання зап'ястя може бути обмежено кутами в 15° або менше, що знижує ризик виникнення тунельного синдрому (синдрому зап'ястного каналу).

Крім загальних рекомендацій щодо налаштування робочого місця, неправильне позиціонування миші та клавіатури часто призводить до негативних наслідків для м'язово-скелетної системи працівника. Автори [3] повідомили про збільшення тиску в зап'ястному каналі в тих випадках, коли зап'ястя підтримувалось на рівні із нестабільною позою. В той же час вони рекомендують розміщувати клавіатуру на відстані 26 см від краю столу.

Розташування миші ближче до центральної лінії тіла працівника важливе для створення нейтральної пози та зменшення навантаження на м'язи. Іншими дослідниками були запропоновані альтернативні пози, які повідомили, що розташування миші ближче до центральної лінії тіла оператора ЕОМ сприятиме більш нейтральному та менш напруженому положенню плеча і зап'ястя, що призводить до зменшення м'язової активності передпліччя.

Наслідки таких досліджень свідчать про те, що такі конструктивні елементи ЕОМ, як клавіатура та миша, можуть розташовуватись далі від краю робочої поверхні.

Національні стандарти надають специфікації щодо розмірів столів. Однак, австралійський стандарт є дивним тут, оскільки він рекомендує велике значення ширини і глибини для площі робочої поверхні, що не може бути прийнятним для невеликої робочої станції. Після розгляду цих факторів та критеріїв вартості, рекомендовані розміри робочих поверхонь базуються на Канадському та

					ДРЦДВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Американському стандартах. Таким чином, рекомендована мінімальна ширина робочої поверхні становить 76 см, а мінімальна глибина - 90 см [2].

Більшість державних стандартів рекомендують, щоб при роботі за ЕОМ на робочому столі забезпечувалось ще й достатній простір для ніг. Специфікації до простору для ніг у відповідності до стандартів різних країн наведені у табл. 1.8.

Таблиця 1.8. Порівняння стандартів ергономіки до простору для ніг в різних країнах

Країна	Гонконг	Європа	США	Канада	Австралія
Діючий стандарт	Настанова Департаменту Праці	ISO-9241	ANSI/HFES-100	CAN/CSA-Z412-M89	AS-3590.2
Вимога					
Висота	Достатній простір для ніг	Із запасом в розмірах	500-690 мм або 500-720 мм (для відхиленого назад положення)	≥ 650 мм	-
Ширина	-	-	≥ 520 мм	≥ 510 мм	≥ 800 мм
Глибина	-	-	440 мм (на рівні колін) 600 мм (на рівні ніг)	460 мм (на рівні колін) 600 мм (на рівні ніг)	≥ 550 мм

Слід відзначити австралійський стандарт, який не регламентує висоту вільного простору для ніг. Натомість, він регламентує достатньо велике значення ширини та глибини відповідного простору. Тому цей державний стандарт варто переглянути та розробити рекомендації щодо висоти вільного простору для ніг.

В заключення слід відмітити, що існуючі нормативно-правові настанови, рекомендації та стандарти базуються на результатах попередніх досліджень

науковців в галузі ергономіки. Хоча дослідження із ергономічного дизайну робочого місця, на якому використовуються ВДТ ЕОМ були проведені у великій кількості, все одно існує ряд питань, які не розкриті у відповідних регулюючих документах.

Наприклад, більшість досліджень з ергономіки в основному зосереджені на антропометричних та біомеханічних методах. Оператори ЕОМ рідко сидять у такій позі в реальності, можливо тому, що вона збільшує ймовірність дискомфорту через поперековий тиск і напругу. Біомеханіка вимірює м'язові скорочення, положення хребта або розподіл тиску. Оскільки сидяча поза представляє собою динамічний вид діяльності, необхідно вийти за рамки біомеханіки сидіння, і розглянути характер роботи, врахувавши характер робочої поведінки [2].

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

2.1 Експертні системи як інструментарій для оцінки за заданими умовами

Експертні системи представляють собою комп'ютерні системи, які здатні частково замінити особу на посаді спеціаліста-експерта у вирішенні певної проблемної ситуації. Розвиток сучасних експертних систем розпочався у 1970-х роках з наукових праць дослідників штучного інтелекту, а в 1980-х роках вони були поширені в комерційному використанні. Перші приклади експертних систем були запропоновані ще в 1832 році С.Н. Корсаковим, який створив механічні прилади, які він назвав «інтелектуальними машинами». Ці інтелектуальні машини дозволили знайти рішення за певними вхідними параметрами. Прикладами такої системи можуть бути системи, які надають можливість підбирати необхідні медичні ліки по певним симптомам захворювання пацієнта [18].

Експертні системи розглядаються в сфері інформаційних технологій у сукупності із базами знань як приклад поведінки експертів у визначеній сфері знань із застосуванням процедур логічних висновків та прийняття рішень. Бази знань в цьому випадку представляють собою сукупність правил та фактів логічних висновків у визначені предметній області або сфері діяльності.

Такі задачі виконує до прикладу програмний продукт під назвою Майстер. Такі Майстри застосовуються в системних та прикладних програмах з метою спрощення спілкування з користувачем в інтерактивному форматі. Особливістю таких програм є відсутність бази знань, в той час як всі дії програми запрограмовані.

Другий вид експертних систем (ЕС) представляють собою інструментарій довідникових або пошукових систем. Вони надають релевантні розділи бази знань із великим об'ємом інформації, тобто ту інформацію, яка задовольняє умову запиту користувача.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

конкретно поставленої задачі, експертна система отримує від користувача під час роботи, і ці дані в результаті зберігаються в робочій (оперативній) пам'яті ЕС.

При створенні ЕС такі бази знань формуються за допомогою трьох груп людей:

- 1) програмісти, які реалізують механізми роботи експертної системи;
- 2) інженери з прийняття рішень, які відіграють роль спеціалістів по розробці інтелектуальних систем;
- 3) експерти в конкретній предметній області, заради якої створюється експертна система, яка буде вирішувати поставлені задачі.

Експертна система здатна функціонувати в двох режимах:

1. Режим вводу знань – за допомогою інженера по знанням експерт вводить відомості про конкретну предметну область шляхом редагування бази знань.
2. Режим консультації – користувач веде діалог з експертною системою, в якому він ставить ЕС задачу та отримує рекомендацію.

Існує декілька класифікацій експертних систем. Перша класифікація ЕС розглядає їх з точки зору задачі, що вирішується. До таких систем відносяться:

- діагностування;
- інтерпретація даних;
- проектування;
- моніторинг;
- оптимізація;
- проектування;
- навчання;
- збірне планування;
- ремонт;
- управління;
- наладка.

З точки зору зв'язку з реальним часом ЕС бувають:

- квазідинамічні – такі системи інтерпретують ситуацію, яка змінюється з часом з певним встановленим фіксованим інтервалом часу;

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

– статичні – такі ЕС вирішують задачі в умовах, які не змінюються з плином часу вхідних знань та даних

– динамічні – системи вирішують задачі в абсолютно динамічних умовах, тобто дані та знання постійно змінюються з часом.

При розробці експертних систем науковці виділили основні етапи. Першим етапом є власне ідентифікація проблеми. На цьому етапі встановлюються задачі, які необхідно вирішити, визначаються типи користувачів ЕС та експерти. Другий етап полягає в отриманні знань. На цьому етапі виявляються поняття та взаємозв'язки, які будуть використовуватись, проводиться змістовний аналіз проблемної області та визначаються методи, що будуть застосовуватись для вирішення задач.

На третьому етапі визначаються способи представлення всіх видів знань, способи інтерпретації знань, формуються основні поняття, моделюється робота системи, а також проводиться оцінка адекватності цілям ЕС зафіксованих методів вирішення задач, понять, маніпулювання знаннями та засобів їх представлення користувачу. Цей етап називається етапом структурування знань.

На етапі формалізації проводиться наповнення бази знань експертної системи власне експертами в конкретній предметній області. Оскільки основною ціллю експертної системи є самі знання, цей етап є найважливішим та найскладнішим, а також найбільш трудомістким. Процес набуття знань виконується інженером з питань знань, який базується на аналізі діяльності експерта в області вирішення реальних задач. Набуття знань експертною системою поділяється на виокремлення знань з експерта, їх подальшу організацію та систематизацію, за допомогою яких забезпечується адекватна робота системи, а також надання експертній системі цих даних у зрозумілому для неї вигляді.

Передостаннім етапом розробки експертних систем є власне їх реалізація, при цьому створюється декілька прототипів. Останній етап – етап тестування – полягає в оцінці обраного методу надання знань в експертній системі в цілому.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.2 Найбільш поширені експертні системи

Для розробки ЕС сьогодні найчастіше застосовуються готові оболонки експертних систем, за допомогою яких розробники можуть наповнювати базу знань та встановлювати певні правила їх введення. Однією із таких оболонок ЕС є система CLIPS.

1. CLIPS – це достатньо популярна оболонка, яка використовується для побудови ЕС та представляє собою продукційну систему. Такого широкого поширення система CLIPS набула завдяки своїй швидкості, можливості безкоштовного використання та високого рівня ефективності. CLIPS (рис. 2.2.1) розроблена для використання в якості мови прямого логічного виводу і в своїй оригінальній версії не підтримує зворотного виводу [18].

Прототип оболонки CLIPS був створений у 1985 році. Синтаксис мови CLIPS був схожим на синтаксис експертної оболонки ART. Загальною метою прототипу CLIPS було створення мови, яка б могла вирішувати задачі, спираючись на концепцію знань (версія CLIPS 1.0). Після допоміжної розробки стало очевидно те, що CLIPS може стати дешевим інструментом для створення експертних систем, моделювання та навчання [32].

Версія CLIPS 6.23 може використовуватись на різних платформах, а саме DOS, Macintosh, UNIX та Windows. CLIPS складається з інтерактивного середовища, що представляє собою поєднання експертної оболонки із власним способом подання знань, допоміжного інструментарію та гнучкої мови.

ЕС, які були створені на основі CLIPS можуть запускатись декількома способами:

- 1) за допомогою програм-оболонок, в яких реалізується власний інтерфейс ведення діалогу у форматі «програма – користувач»;
- 2) введенням необхідних команд безпосередньо в середовище ЕС CLIPS;
- 3) використанням віконного інтерфейсу (рис. 2.1) для версій відповідної операційної системи.

чутливості датчиків. Експертна система для інтерпретації таких даних використовує знання про характерні особливості сонограм в залежності від типу корабля.

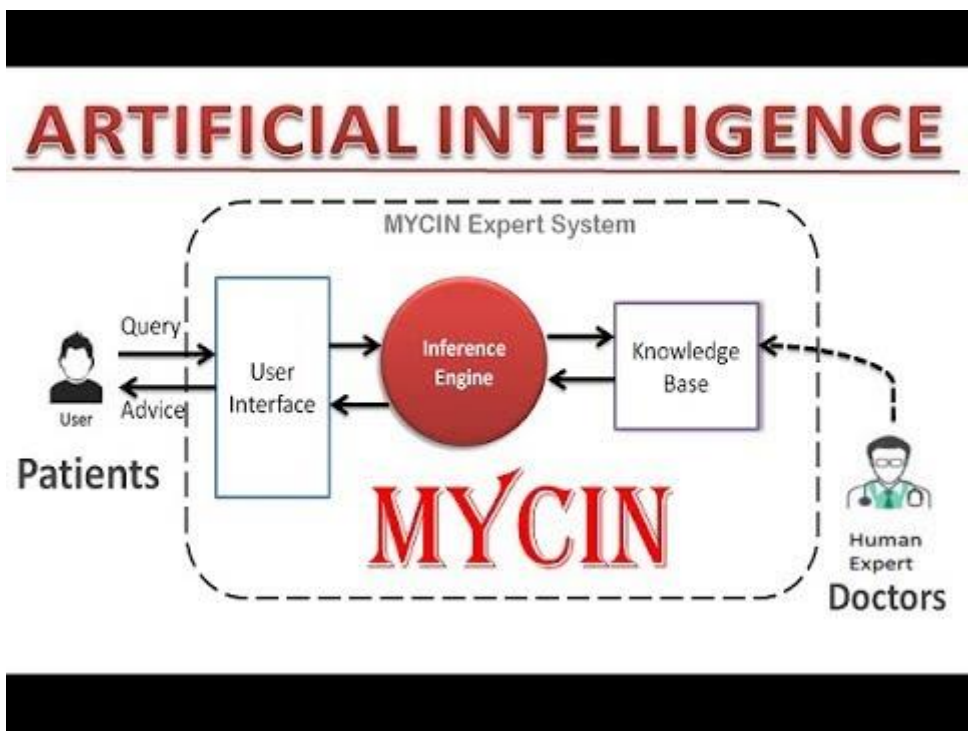


Рисунок 2.4 – Структура MYCIN

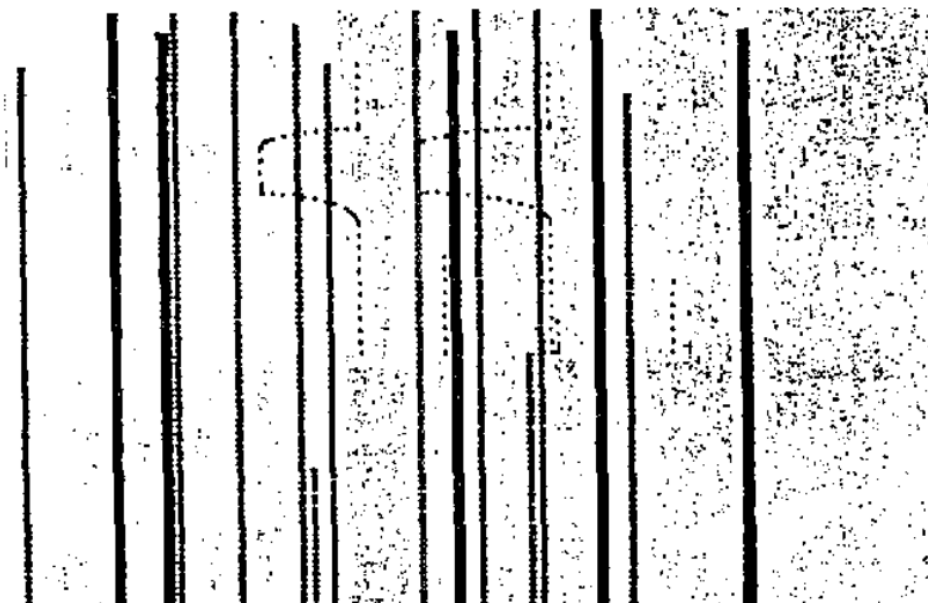


Рисунок 2.5 – Приклад сонограми корабля, на основі яких працює ЕС HASP/SIAP

6. Акіатор. Найбільш яскравий приклад того, що експертні системи можуть використовуватись не лише для проведення оцінок та прогнозування, а й для розваг. Акіатор був розроблений як інтернет-гра, в якій гравець загадує будь-яку особистість, реальну чи ні, а задача Акіатора полягає в тому, щоб вгадати цю особу. Особа може не існувати в реальному житті, а бути, наприклад, героєм гри чи фільму.

Основна відмінність та унікальність Акіатора полягає в тому, що база знань гри автоматично наповнюється за результатами кожної наступної спроби кожного наступного користувача. На кожному етапі Акіатор намагається обрати таке питання, в результаті якого відсіється найбільша кількість варіантів осіб, що загадав користувач. Тобто, ця експертна система надає рекомендації методом виключення найбільш можливих варіантів.

7. IBM Watson – суперкомп'ютер фірми IBM. Він був розроблений для вирішення питань, які були сформульовані на стандартній людській мові, а не у бінарному чи аналоговому вигляді. Мета роботи такого суперкомп'ютера полягає в пошуку відповідей на питання у базі даних. Архітектура Watson дозволяє виконувати розподілені та паралельні розрахунки, тобто проводити одночасну роботу з великою кількістю задач в паралельному режимі. Watson здатен працювати із великогабаритними об'ємами даних, тобто як із структурованою, так і не структурованою інформацією [18].

2.3 Інструментарій розпізнавання об'єктів на зображеннях як один із методів навчання експертних систем

Розпізнавання об'єктів – це метод сприйняття комп'ютером об'єктів для їх подальшої ідентифікації на зображеннях або відео. Розпізнавання об'єктів представляє собою результат роботи алгоритмів глибокого машинного навчання. Якщо користувач переглядає відео або зображення, від може легко розпізнати об'єкти, предмети, людей, візуальні деталі, тощо. Мета комп'ютерного

розпізнавання об'єктів полягає в тому, щоб навчити ЕОМ розпізнавати об'єкти за певними характеристиками так же просто, як це роблять люди.

Виявлення об'єктів і розпізнавання об'єктів є схожими методами для ідентифікації об'єктів, але вони різняться за своїм виконанням. Виявлення об'єктів - це процес виявлення екземплярів об'єктів на зображеннях. У разі глибокого навчання методи виявлення об'єктів - це підмножина методів розпізнавання об'єктів, коли об'єкт не тільки ідентифікують, а й розташовують на зображенні. Це дає змогу ідентифікувати кілька об'єктів і розміщувати їх на одному зображенні [31].

Для машинного розпізнавання об'єктів може використовуватись декілька методів та підходів. В останній час найбільш поширеним став метод глибокого та машинного навчання. Обидві технології спочатку проходять процес навчання розпізнавання об'єктів на зображеннях, як наслідок, комп'ютер розпізнає об'єкти, але процес розпізнавання у глибокого і машинного методу відрізняються між собою.

Методи *глибокого навчання* набули поширення, оскільки нейронні мережі потребують саме такого навчання для автоматичного вивчення властивостей об'єкта. Існує два підходи до глибокого навчання при розпізнаванні об'єктів.

Перший підхід базується на навчанні моделі з нуля. Для цього необхідно зібрати дуже великий набір даних та розробити архітектуру нейронної мережі, яка буде використовуватись для вивчення характеристик об'єктів та подальшої побудови моделі з нуля. Результати можуть бути більш якісними, ніж в результаті використання методів машинного навчання. Недоліком такого методу є те, що він потребує великої кількості матеріалу для проведення навчання експертної системи.

Існує також можливість використовувати попередньо навчену модель глибокого навчання. Слід враховувати, що більшість додатків глибокого навчання використовують підхід трансферного (перенесеного) навчання. Тобто процес навчання включає в себе точне налаштування моделі, що підлягає навчанню. Для початку береться існуюча експертна система, після чого вводяться

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

нові дані, які містять вже відомі класи. Цей метод потребує набагато менше часу, ніж метод навчання з нуля, а також може забезпечити швидший результат внаслідок того, що модель вже проходила попереднє навчання.

При розпізнаванні об'єктів з використанням методу *машинного навчання* необхідно починати із набору зображень та обрати певні характеристики на кожному із зображень в наборі. Наприклад, алгоритм навчання може базуватись на наявності у об'єкта ребер або кутів, які в подальшому можуть використовуватись для розподілу об'єктів на класи та підкласи.

Вибір найкращого підходу до розпізнавання об'єктів залежить від поставленого завдання. У більшості випадків більш ефективним буде застосування машинного навчання, особливо якщо відомо, які саме характеристики зображення найкраще використовувати для розрізнення класів об'єктів.

Головне, про що слід пам'ятати під час вибору між машинним і глибоким навчанням, - це наявність потужного графічного процесора і великої кількості розмічених навчальних зображень. Якщо відповідь на будь-яке з цих питань негативна, підхід машинного навчання може бути найкращим вибором. Методи глибокого навчання, як правило, краще працюють з великою кількістю зображень, а графічний процесор допомагає скоротити час, необхідний для навчання моделі [31].

Однією із найбільш перспективних мов програмування, яка дозволяє проводити розпізнавання об'єктів та має в собі функціонал для написання нейронних мереж та експертних систем є Пітон (Python). Інструментарій Python для визначення об'єктів на зображеннях широко використовується в таких сферах, як:

- створення безпілотних літальних апаратів;
- система розпізнавання людей;
- посилення системи безпеки;
- пошук автомобілів;
- пошук та підрахунок кількості пішоходів, тощо.

					ДРЦДВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Однією із найбільш поширених бібліотек розпізнавання об'єктів стала YOLO (You Only Look Once). YOLO представляє собою архітектуру згорткових нейронних мереж, яка використовується для розпізнавання множинних об'єктів на зображенні [12].

YOLO представляє собою єдину згорткову мережу, яка одночасно прогнозує кілька обмежувальних рамок і ймовірності класів для цих рамок (рис. 2.6). YOLO навчається на повних зображеннях і безпосередньо оптимізує ефективність виявлення. Ця уніфікована модель має кілька переваг над традиційними методами виявлення об'єктів [7].

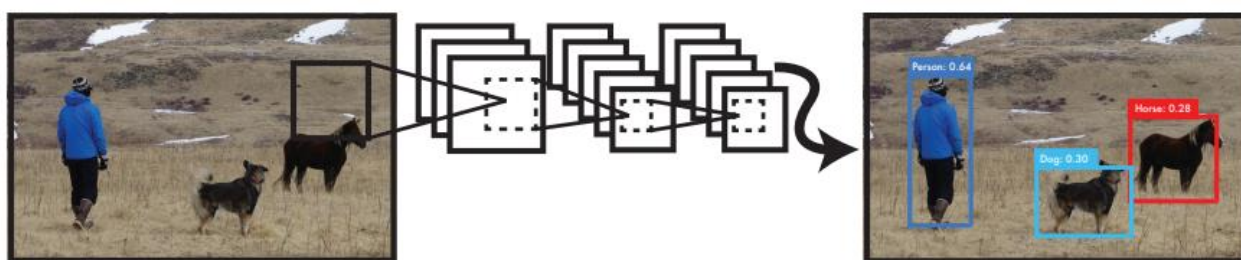


Рисунок 2.6 – Формування рамок в YOLO

По-перше, інструментарій бібліотеки YOLO надзвичайно швидкий. Оскільки ми розглядаємо розпізнавання як регресійну задачу, ми просто запускаємо нашу експертну систему на новому зображенні в тестовий час, щоб передбачити розпізнавання об'єктів. Базова мережа YOLO працює зі швидкістю 45 кадрів в секунду без пакетної обробки на графічному процесорі Titan X GPU Titan X, а швидка версія працює зі швидкістю понад 150 кадрів в секунду. Це означає, що YOLO дозволяє обробляти потокове відео в режимі реального часу із затримкою не більше, ніж 25 мілісекунд. Крім того, YOLO досягає більш ніж вдвічі більшої середньої точності, ніж інші системи реального часу [7].

По-друге, при проведенні прогнозування зображення та розпізнавання об'єктів на ньому YOLO міркує глобально та обробляє все зображення одночасно, а не кожен окремий об'єкт на ньому. В порівнянні із системами Fast

R-CNN, YOLO допускає вдвічі менше помилок на фоні зображення. По-третє, YOLO базується на вивченні узагальнених представлень певних об'єктів. При навчанні на зображеннях природи і подальшому тестуванні на картинах із зображенням природи, YOLO показало кращий результат, ніж системи DPM та R-CNN.

Оскільки YOLO має високий ступінь узагальнення, він з меншою ймовірністю може вийти з ладу при застосуванні до нових доменів або неочікуваних вхідних даних. YOLO все ще відстає від найсучасніших систем виявлення за точністю. Хоча він може швидко ідентифікувати об'єкти на зображеннях, йому важко точно локалізувати деякі об'єкти, особливо малі.

Весь тестовий та навчальний код YOLO знаходиться у відкритому доступі, крім того, для завантаження доступні попередньо навчені моделі розпізнавання різноманітних об'єктів.

При розпізнаванні об'єктів за допомогою YOLO, окремі компоненти виявлення об'єднуються в єдину нейронну мережу. Ця мережа використовує властивості з повного зображення для того, щоб передбачити кожну рамку, яка будується при розпізнаванні. Основним призначенням такої рамки є виокремлення окремого об'єкта від фону та інших об'єктів на зображенні, що піддається процесу розпізнавання. Це означає, що мережа YOLO міркує глобально про все зображення в цілому і все об'єкти, які знаходяться на ньому. Приклади якісних результатів розпізнавання об'єктів системою YOLO показані на рис. 2.7.

Сам дизайн системи YOLO забезпечує скрізне навчання та значну швидкість роботи в реальному часі, при чому під час цього процесу зберігається високий рівень точності. Система ділить кожне вхідне зображення на сітку з розмірами $S \times S$. Якщо центр об'єкта потрапляє в комірку, то така комірка буде відповідати за виявлення та розпізнавання цього об'єкта. Кожна комірка, на яку поділене зображення у системі YOLO, прогнозує обмежувальні рамки та подальші довірчі оцінки для цих областей. Завдяки таким довірчим оцінкам відображається, наскільки модель YOLO впевнена в тому, що конкретно ця

					ДРЦДВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

комірка містить в собі об'єкт, наряду із думкою про те, що передбачена системою розпізнавання YOLO комірка є об'єктом. Якщо у комірці не існує об'єкта, оцінка достовірності рівна нулю.

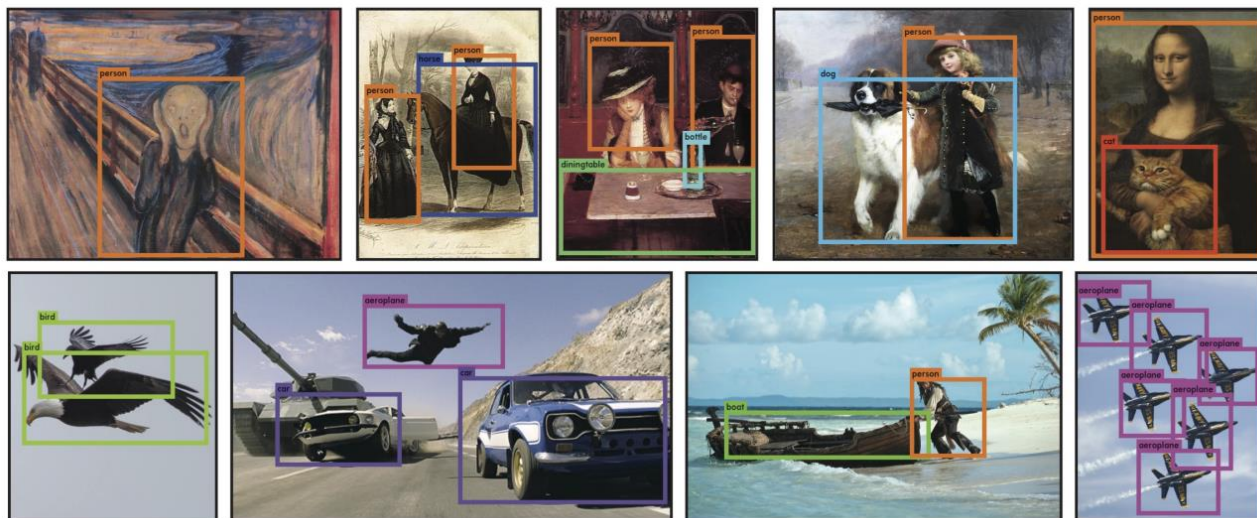


Рисунок 2.7 – Приклади якісних результатів розпізнаних об'єктів на зображеннях

Кожна гранична область складається з п'яти прогнозів: достовірності та координат x , y , h , w . Координати (x, y) представляють собою центр рамки відносно комірки сітки. Ширина і висота прогноуються по відношенню до всього зображення. Прогноз довіри в цьому випадку представляю собою зведений результат між прогнозованим квадратом і будь-яким реальним істинним квадратом.

Кожна комірка також прогнозує умовний клас ймовірностей. Такі ймовірності обумовлюються на комірці сітки, яка містить об'єкт. При проведенні тестування умовні ймовірності перемножуються, як і прогнози достовірності окремих квадратів, в результаті чого система надає специфічні для кожного класу ймовірності розпізнавання того чи іншого об'єкту. Ці оцінки кодують як ймовірність того, що клас з'являється в комірці, так і те, наскільки добре передбачена комірка відповідає об'єкту (рис. 2.8).

Одним із недоліків цієї системи розпізнавання об'єктів є те, що вона ще не допрацьована для розпізнавання дрібних об'єктів. До прикладу, зграю птахів вона здатна розпізнати як один великий об'єкт, але не кожну окрему птаха.

Наступним недоліком є те, що для розпізнавання об'єктів використовуються достатньо грубі функції для прогнозування рамок обмеження. Це пояснюється наявністю в системі декількох шарів дискретизації вхідного зображення.

Науковцями та розробниками системи розпізнавання YOLO було проведено аналіз помилок, які виникають при розпізнаванні об'єктів на одному і тому ж зображенні. Результати такого порівняння із системою розпізнавання Fast R-CNN показані на рис. 2.10.

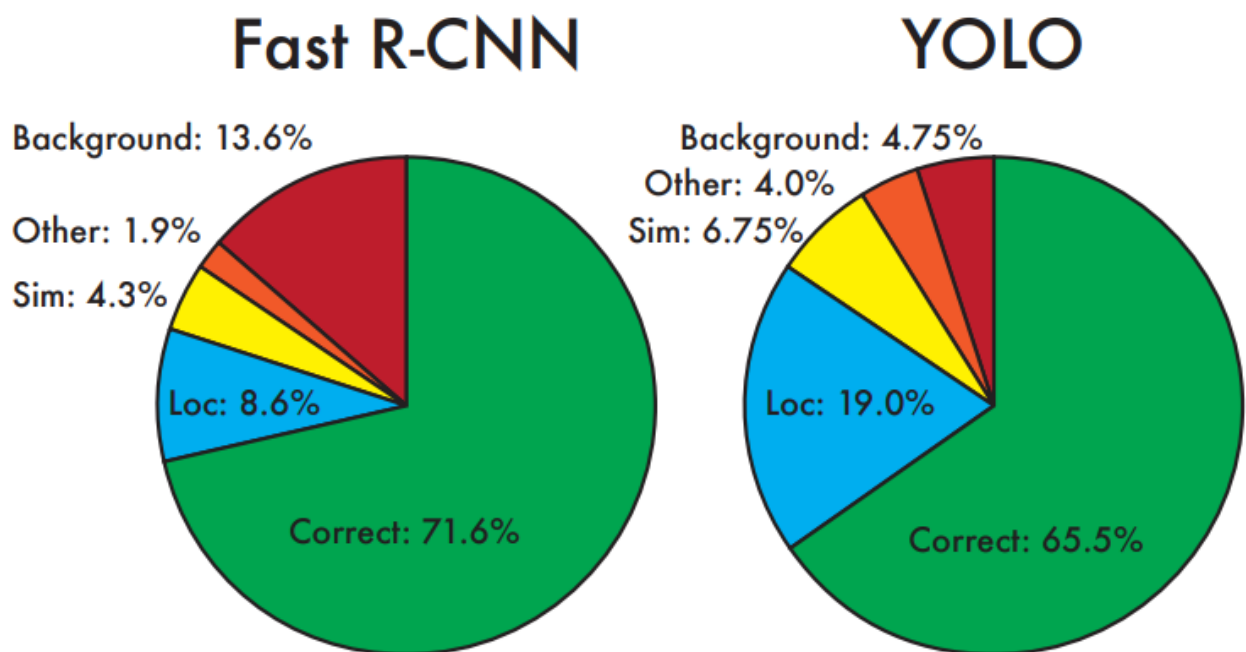


Рисунок 2.10 – Порівняння точності розпізнавання систем YOLO та Fast R-CNN

3 ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ ЗА КОМП'ЮТЕРОМ

3.1 Установка рекомендаційної системи

Метою дипломної роботи є реалізація автоматизованої рекомендаційної системи на основі алгоритмів штучного інтелекту, а саме такого виду штучного інтелекту, як експертна система. Призначення такої системи полягає у наданні рекомендацій та порад стосовно облаштування робочого місця користувача ЕОМ, а також проведення оцінки існуючих робочих місць із метою їх подальшого вдосконалення та зміни конструкції робочого місця у відповідності із ергономічними вимогами та нормативно-правових регламентів в сфері використання ВДТ ЕОМ.

Для реалізації такої експертної системи було використано мову програмування Python та алгоритми штучного інтелекту розпізнавання об'єктів на зображенні YOLO (див. 2.3).

Python представляє собою достатньо поширену високорівнену мову програмування. Ця мова програмування призначена для створення додатків та програм різних типів, тобто вона є гнучкою по своїй структурі. Однією із найбільш поширених сфер застосування мови Python є саме машинне навчання та дослідження нейронних мереж, експертних систем та штучного інтелекту [28].

Вперше ця мова програмування була анонсована в 1991 році її розробником Гвідо Ван Россумом. З того часу у 2000 році була видана версія 2.0, а версія 3.0 – у 2008 році. На даний момент актуальною версією Python є 3.11, яка вийшла в жовтні 2022 року та саме ця версія використовувалась для написання експертної рекомендаційної системи оцінки умов праці при роботі за ВДТ ЕОМ.

Серед основних особливостей мови програмування Python можна виокремити наступні:

					ДРЦДВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

– для роботи із скриптами у будь-якій мові програмування повинен використовуватись інтерпретатор, який виконує власне запуск та виконання скрипта;

– ця мова програмування підтримує різноманітні парадигми програмування, включаючи функціональний парадигм та об’єктно-орієнтований;

– код програм, які були написані на Python, визначається у вигляді скриптів.

Виконання програми на мові програмування Python виглядає наступним чином. Спочатку розробник програм пише в текстовому редакторі скрипт із певним набором виразів на цій мові програмування. Потім цей скрипт відсилається інтерпретатору на виконання, який, в свою чергу, транлює код у проміжний байткод. На заключному етапі машина переводить отриманий від інтерпретатора байткод в набір інструкцій, який буде виконуватись операційною системою при запуску програми.

Слід відмітити, що формально трансляція інтерпретатором вхідного коду в байткод із подальшим переводом байткоду в набір машинних команд за допомогою віртуальної машини представляють собою два принципово відмінних процеси, але фактично ці процеси поєднуються в самому інтерпретаторі Python [28].

Python представляє собою дуже просту у засвоєнні мову програмування, якій характерний лаконічний та достатньо зрозумілий і простий синтаксис. Внаслідок цього він легко вивчається розробниками програм, що стало однією із основних причин такого поширення цієї мови програмування. До прикладу, за статичними даними Python став найбільш поширеною мовою програмування у 2014 році.

При розробці експертної системи для фронтенд частини з метою побудови графічного інтерфейсу використовувались HTML та CSS. За допомогою такого графічного інтерфейсу було досягнуто результату, що користувач може інтерактивно керувати веб-додатком експертної системи.

Надання рекомендацій стосовно ергономічності робочого місця та його відповідності регламентованим нормам використовувалась мова програмування Python та бібліотека Ultralytics.

Для запуску проекту рекомендаційної експертної системи необхідно зробити декілька підготовчих кроків. Перший крок полягає в тому, що на персональному комп'ютері або ноутбучі, на якому буде використовуватись експертна система оцінки умов праці з ЕОМ повинна бути встановлена мова програмування Python. Завантажити Python можна з офіційного сайту [6]. Установка мови програмування достатньо проста та схожа на установку будь-якої іншої програми (рис. 3.1).

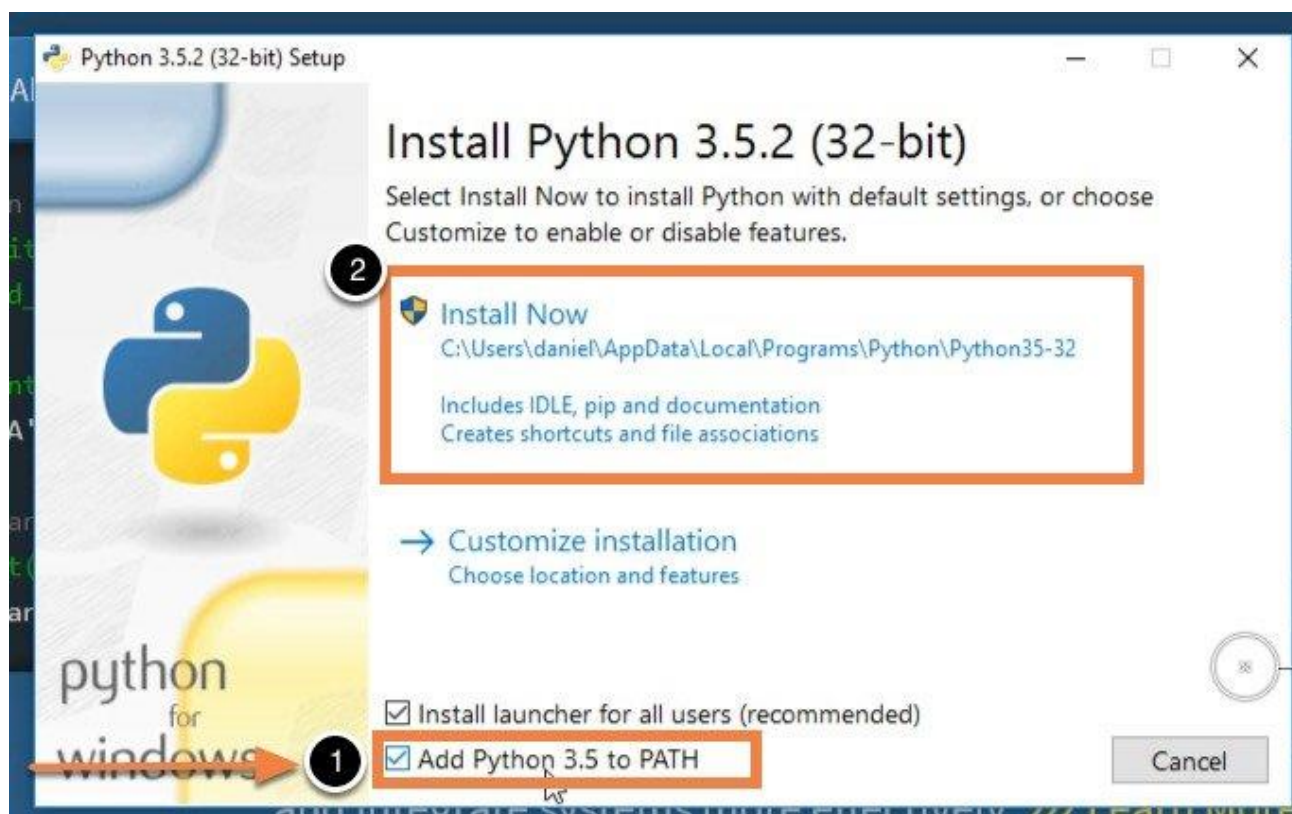


Рисунок 3.1 – Установка Python

Після установки Python необхідно розархівувати проект під назвою Watson. Для цього можна використовувати будь-який стандартний архіватор, наприклад WinRAR. При розпаковці архіву необхідно обрати теку, в якій на комп'ютері буде розташовуватись експертна система.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

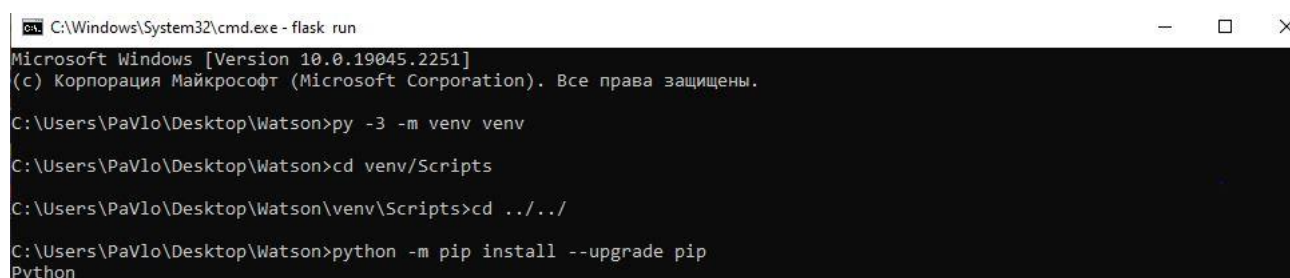
Наступний етап потребує роботи із командним рядком. Для цього необхідно у шляху розташування проекту Watson набрати команду cmd, або відкрити командний рядок стандартними засобами Windows та написати команду `cd <шлях до теки з проектом watson>`.

Необхідно активувати віртуальне середовище експертної системи. Для цього будуть використовуватись наступні команди (рис. 3.2):

```
cd venv/Scripts
```

```
activate
```

```
cd ../../
```



```
C:\Windows\System32\cmd.exe - flask run
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2251]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corporation). Все права защищены.

C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>py -3 -m venv venv
C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>cd venv/Scripts
C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson\venv\Scripts>cd ../../
C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>python -m pip install --upgrade pip
Python
```

Рисунок 3.2 – Активація віртуального середовища

На наступному етапі роботи із командним рядком системи необхідно встановити необхідні пакети (рис. 3.3). Це здійснюється шляхом введення в командний рядок наступних команд:

```
python -m pip install --upgrade pip
```

```
pip install -r
```

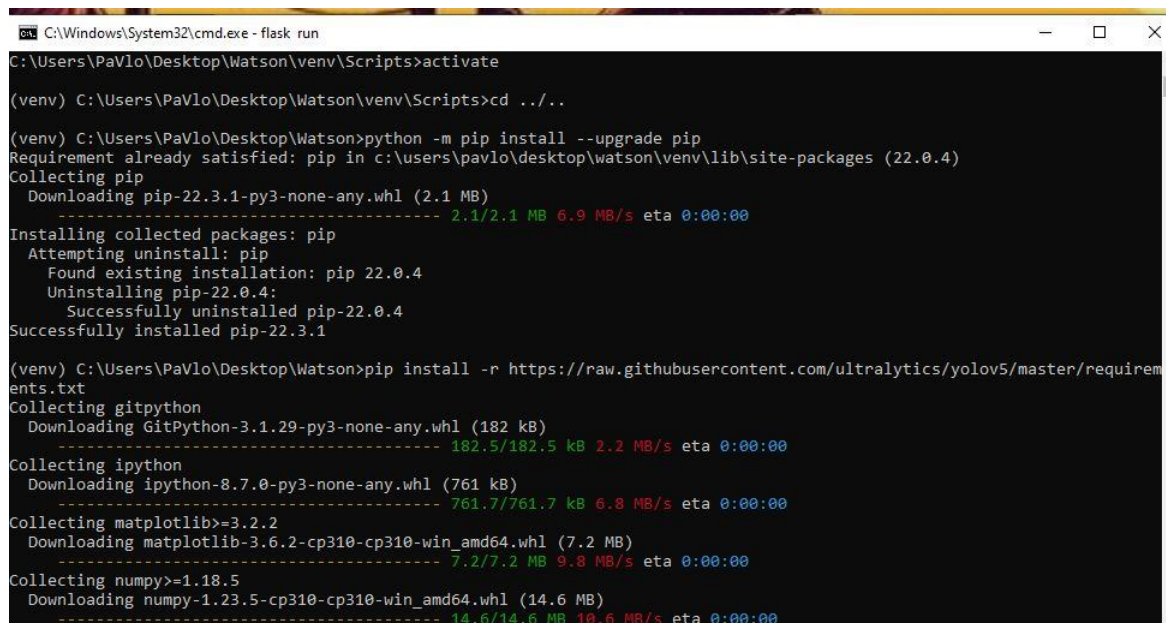
```
https://raw.githubusercontent.com/ultralytics/yolov5/master/requirements.txt
```

```
pip install Flask pillow opencv-python torch
```

Після проведення такого підготовчого етапу можна запускати експертну систему. Запуск відбувається командою «flask run» (рис. 3.4). При успішному проведенні всіх підготовчих етапів, у командному рядку буде виведене повідомлення, яке зображено на рис. 3.5.

На цьому робота власне із командним рядком системи Windows завершена. Після такої підготовки для використання експертної системи користувачу

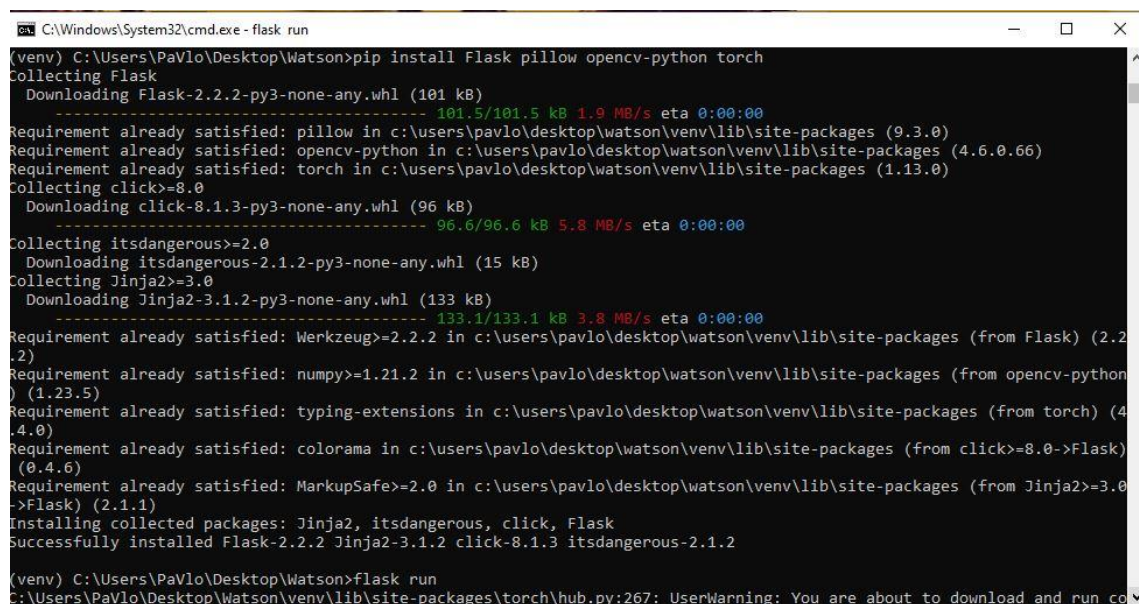
необхідно відкрити будь-який інтернет-браузер (Mozilla Firefox, Internet Explorer, Google Chrome, тощо).



```
C:\Windows\System32\cmd.exe - flask run
C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson\venv\Scripts>activate
(venv) C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson\venv\Scripts>cd ../../
(venv) C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>python -m pip install --upgrade pip
Requirement already satisfied: pip in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (22.0.4)
Collecting pip
  Downloading pip-22.3.1-py3-none-any.whl (2.1 MB)
----- 2.1/2.1 MB 6.9 MB/s eta 0:00:00
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 22.0.4
    Uninstalling pip-22.0.4:
      Successfully uninstalled pip-22.0.4
  Successfully installed pip-22.3.1

(venv) C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>pip install -r https://raw.githubusercontent.com/ultralytics/yolov5/master/requirements.txt
Collecting gitpython
  Downloading GitPython-3.1.29-py3-none-any.whl (182 kB)
----- 182.5/182.5 kB 2.2 MB/s eta 0:00:00
Collecting ipython
  Downloading ipython-8.7.0-py3-none-any.whl (761 kB)
----- 761.7/761.7 kB 6.8 MB/s eta 0:00:00
Collecting matplotlib>=3.2.2
  Downloading matplotlib-3.6.2-cp310-cp310-win_amd64.whl (7.2 MB)
----- 7.2/7.2 MB 9.8 MB/s eta 0:00:00
Collecting numpy>=1.18.5
  Downloading numpy-1.23.5-cp310-cp310-win_amd64.whl (14.6 MB)
----- 14.6/14.6 MB 10.6 MB/s eta 0:00:00
```

Рисунок 3.3 – Установка необхідних пакетів



```
C:\Windows\System32\cmd.exe - flask run
(venv) C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>pip install Flask pillow opencv-python torch
Collecting Flask
  Downloading Flask-2.2.2-py3-none-any.whl (101 kB)
----- 101.5/101.5 kB 1.9 MB/s eta 0:00:00
Requirement already satisfied: pillow in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (9.3.0)
Requirement already satisfied: opencv-python in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (4.6.0.66)
Requirement already satisfied: torch in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (1.13.0)
Collecting click>=8.0
  Downloading click-8.1.3-py3-none-any.whl (96 kB)
----- 96.6/96.6 kB 5.8 MB/s eta 0:00:00
Collecting itsdangerous>=2.0
  Downloading itsdangerous-2.1.2-py3-none-any.whl (15 kB)
Collecting Jinja2>=3.0
  Downloading Jinja2-3.1.2-py3-none-any.whl (133 kB)
----- 133.1/133.1 kB 3.8 MB/s eta 0:00:00
Requirement already satisfied: Werkzeug>=2.2.2 in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (from Flask) (2.2.2)
Requirement already satisfied: numpy>=1.21.2 in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (from opencv-python) (1.23.5)
Requirement already satisfied: typing-extensions in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (from torch) (4.4.0)
Requirement already satisfied: colorama in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (from click>=8.0->Flask) (0.4.6)
Requirement already satisfied: MarkupSafe>=2.0 in c:\users\pavlo\desktop\watson\venv\lib\site-packages (from Jinja2>=3.0->Flask) (2.1.1)
Installing collected packages: Jinja2, itsdangerous, click, Flask
Successfully installed Flask-2.2.2 Jinja2-3.1.2 click-8.1.3 itsdangerous-2.1.2

(venv) C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson>flask run
C:\Users\PaVlo\Desktop\Watson\venv\lib\site-packages\torch\hub.py:267: UserWarning: You are about to download and run co
```

Рисунок 3.4 – Запуск експертної системи у командному рядку

Зверніть увагу, що розроблена експертна система може використовуватись на будь-якій операційній системі (Windows, Linux, iOS, тощо) та у будь-якому інтернет-браузері. Для роботи із системою необхідно лише встановлення мови програмування Python та доступ до мережі Інтернет.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		59

Для вирішення цієї помилки достатньо провести оновлення відповідних пакетів, як це написано у командному рядку. На прикладі на рис. 3.6 необхідно було оновити бібліотеку `pip` мови програмування Python. Під текстом про власне помилку, вказано текст команди, виконання якої призведе до автоматичного оновлення сервісів `pip`. В даному випадку команда виглядає «`-m pip install – upgrade pip`».

Після установки експертної системи, в теці проекту з'являться нові файли і папки, яких не було з самого початку після розпакування архіву. Це ще один із способів перевірити, чи правильно була проведена установка системи та додаткових пакетів – у папці проекту користувача повинні міститись файли і папки, які показані на рис. 3.7.

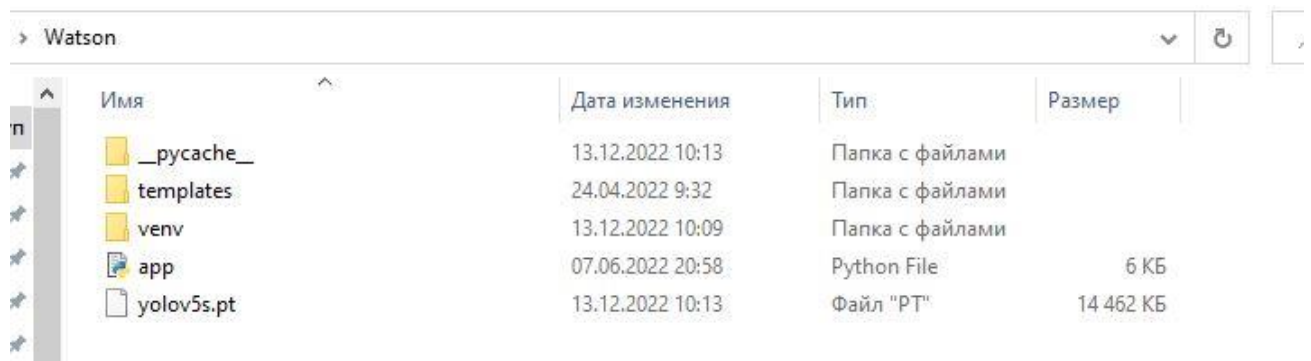


Рисунок 3.7 – Вміст папки проекту після установки та підготовки рекомендаційної системи

Для запуску експертної системи, користувачу необхідно відкрити будь-який інтернет-браузер та перейти за посиланням <http://127.0.0.1:5000>.

3.2 Інтерфейс та принцип роботи рекомендаційної системи

Як це вже зазначалось в 3.1, для запуску експертної системи необхідно у будь-якому інтернет-браузері перейти за посиланням <http://127.0.0.1:5000>. При переході користувачу буде доступний початковий інтерфейс роботи із експертною системою, який зображений на рис. 3.8.

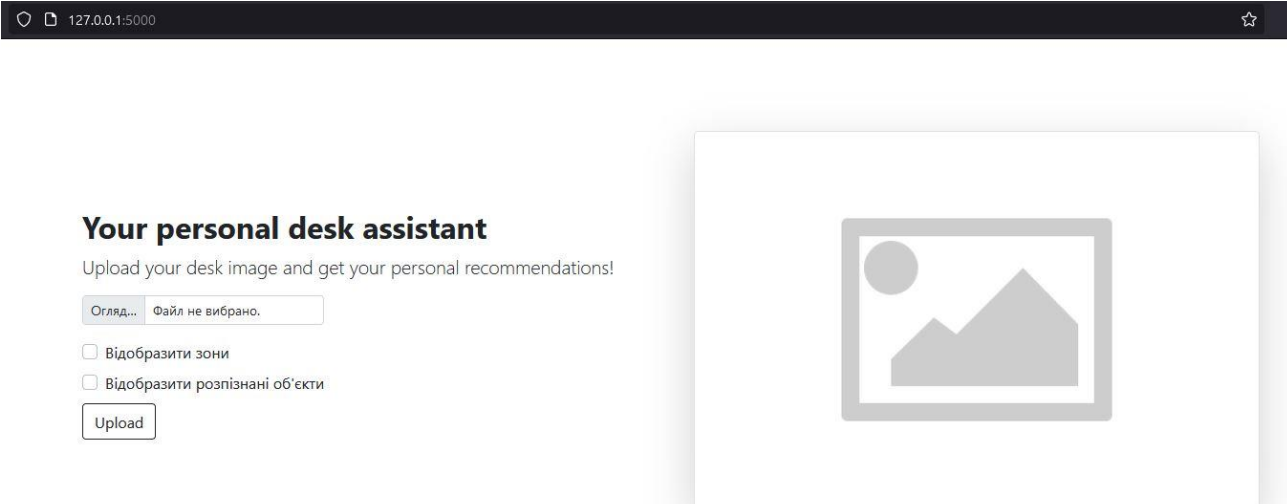


Рисунок 3.8 – Інтерфейс системи після запуску

Робота із експертною системою потребує наявності інтернету. Якщо на ЕОМ відсутній доступ до мережі інтернет, то перехід по посиланню повідомить про неможливість роботи із системою та у вікні інтернет-браузера виведеться повідомлення про внутрішню помилку сервера (рис. 3.9). Крім того слід зазначити, що таке повідомлення буде виводитись користувачу у тому випадку, якщо якийсь з етапів підготовки та розгортання експертної системи був виконаний некоректно (див. 3.1).

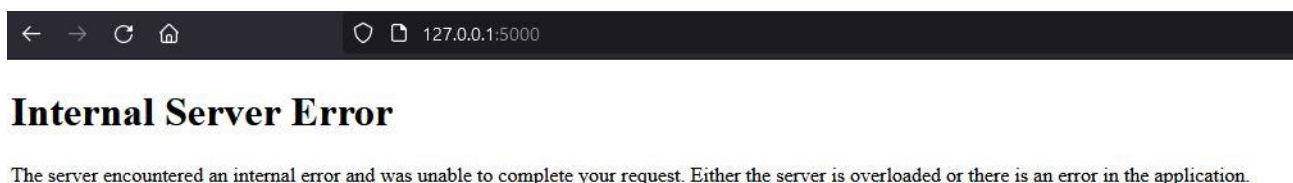


Рисунок 3.9 – Повідомлення про помилку при роботі із експертною системою

Як видно з рис. 3.8, інтерфейс розробленої рекомендаційної системи досить простий, а її вікно умовно поділене на дві робочі зони. Ліва робоча зона представляє собою введення певних властивостей та характеристик роботи системи, а права зона відповідає за відображення об'єктів, які піддаються розпізнаванню та наданню рекомендацій.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Початок роботи із системою починається із завантаження файлу зображення робочого місця користувача ЕОМ. Для цього необхідно зробити фото робочого місця та завантажити його у систему. Завантаження відбувається шляхом натискання кнопки «Обрати файл» у лівій частині робочої зони (рис. 3.10).

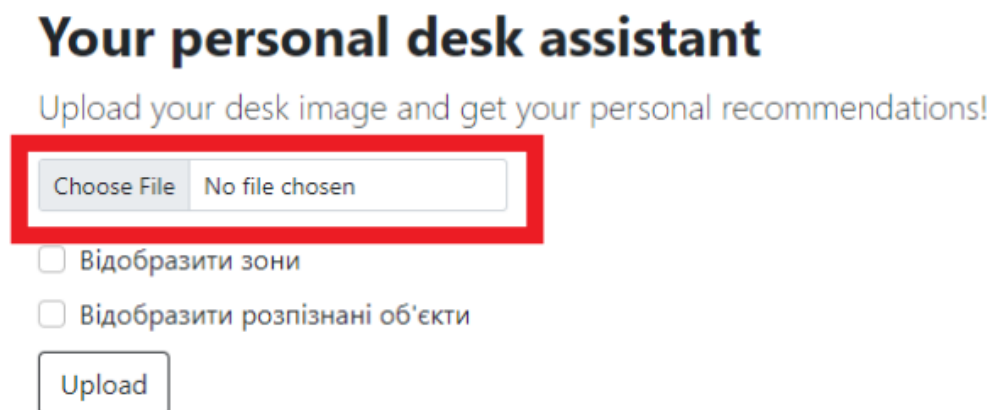


Рисунок 3.10 – Кнопка завантаження файлу в рекомендаційну систему

Для покращення якості наданих системою рекомендацій користувачу варто притримуватись наступних правил:

- робочий стіл користувача не повинен бути захламлений зайвими речами
- це може зменшити точність розпізнавання об'єктів;
- робити фото необхідно таким чином, щоб нижня і верхня частини робочого місця представляли собою відповідно нижню і верхню границю завантаженого фото.

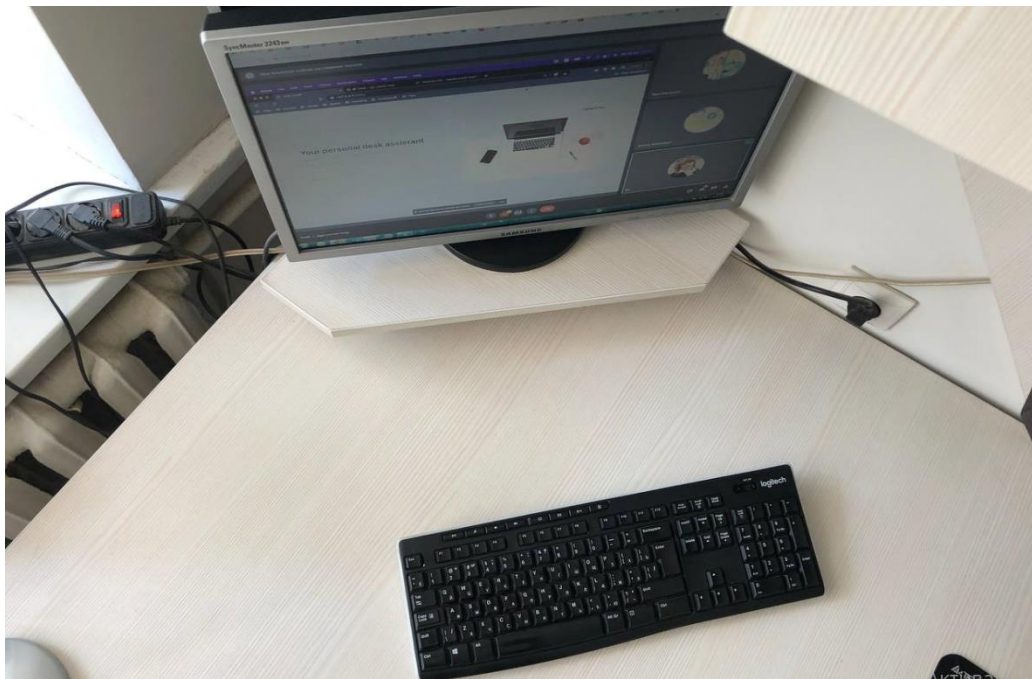
Приклади коректно та некоректно зробленого зображення показані на рис. 3.11.

Після натискання кнопки «Обрати файл», буде відкрите стандартне діалогове вікно операційної системи Windows (рис. 3.12), яке представляє собою вибір шляху до розташування файлу на комп'ютері. В цьому вікні необхідно обрати файл із зображенням робочого місця, для якого планується розробити рекомендації.

										Лист
										63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



а)



б)

Рисунок 3.11 – Приклади зображення для рекомендаційної системи:
а – некоректне (фото необхідно робити вертикально); б – коректне

Зверніть увагу, що після завантаження зображення робочого місця в систему, воно не буде спочатку відображатись в правій частині робочого вікна. Натомість, справа від кнопки «Обрати файл» у спеціальному рядку буде відображатись назва файлу, який був завантажений в рекомендаційну систему.

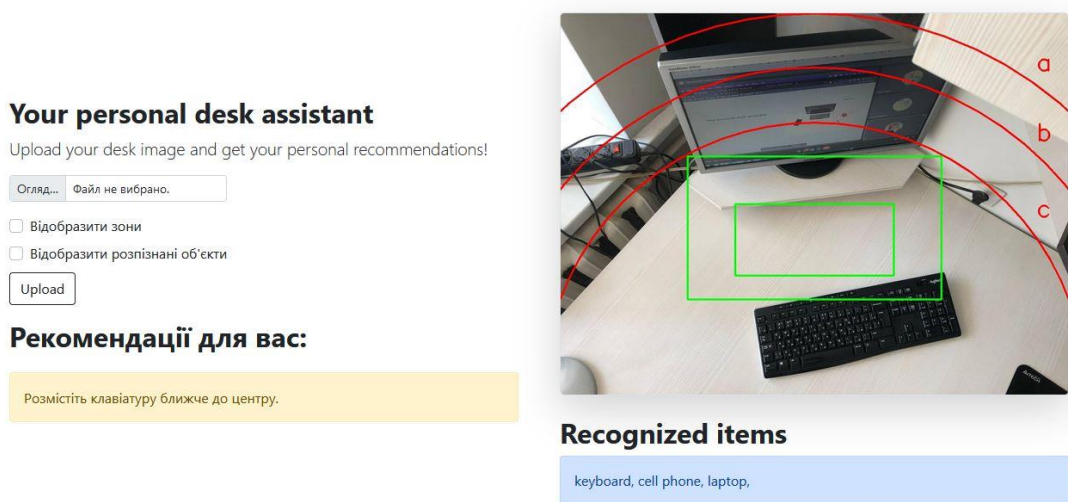
					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

відображають за відображення зон розташування об'єктів на робочому місці користувача ЕОМ у відповідності із рис. 1.1 та розпізнані системою YOLO об'єкти, що розташовані на робочому місці.

На рис. 3.15 показано результат роботи цих додаткових функцій із відображенням зон (рис. 3.15, а), відображенням розпізнаних об'єктів (рис. 3.15, б) та із відображенням всього (рис. 3.15, в). Рекомендації стосовно зон та об'єктів наведені на рис. 3.15 на прикладі власного домашнього робочого місця за ПК.

Слід відмітити, що для відображення зон або розпізнаних об'єктів, користувачу необхідно знову зробити всі кроки роботи із експертною системою, виставивши на панелі відповідний прапорець. Тобто, необхідно знову завантажити файл, потім обрати необхідний прапорець у пункті меню і знову натиснути кнопку Upload.

Як видно з рис. 3.15 а, розташування об'єктів на власному домашньому робочому місці не відповідає ергономічним настановам із розміщення елементів при роботі за ПК. Це пов'язано в першу чергу з тим, що на зображенні нижній край столу не відповідає розташуванню нижнього краю зображення. Так само із верхнім краєм зображення. В даному випадку таке фото було неможливо зробити, оскільки робочий стіл кутовий, а також зображення не було зроблено у ідеально перпендикулярному до столу положенні.



а)

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

Огляд... Файл не вибрано.

Відобразити зони

Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Розмістіть клавіатуру ближче до центру.



Recognized items

keyboard, cell phone, laptop,

б)

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

Огляд... Файл не вибрано.

Відобразити зони

Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Розмістіть клавіатуру ближче до центру.



Recognized items

keyboard, cell phone, laptop,

в)

Рисунок 3.15 – Результат роботи рекомендаційної системи:
а – відображення зон; б – відображення розпізнаних об'єктів;
в – відображення і зон, і об'єктів

На рис. 3.15 б та в видно власне результат роботи алгоритму розпізнавання YOLO. Кольорові квадрати представляють собою області, в яких знаходиться розпізнаний об'єкт. Над кольоровим квадратом відповідним кольором

знаходиться текст із назвою класу об'єкту за результатами роботи алгоритму YOLO. Поблизу тексту знаходяться числа, які представляють собою ймовірність того, що той чи інший об'єкт відноситься до того чи іншого класу.

Наприклад, на рис. 3.15 б та в алгоритм YOLO розпізнав наступні об'єкти:

– keyboard 0.90 – клавіатура із ймовірністю та впевненістю системи YOLO на 90%;

– laptop 0.59 – ноутбук із впевненістю 0,59%;

– cell phone – мобільний телефон.

Як видно, алгоритм YOLO не здатен правильно розпізнати об'єкт, якщо він потрапив на зображення не повністю, а лише частково. На рис. 3.15 б та в об'єкт, який був розпізнаний як мобільний телефон, насправді представляє собою коврик для миші. Це слід враховувати при необхідності проведення розпізнавання об'єктів та надання рекомендацій, що всі об'єкти повинні потрапити на зображення повністю, а не частково.

3.3 Оцінка умов праці в Хмельницькому національному університеті за допомогою розробленої рекомендаційної системи

Після розробки рекомендаційної системи оцінки умов праці за персональним комп'ютером вона використовувалась для оцінки умов праці з ВДТ ЕОМ на прикладі приміщень Хмельницького національного університету. Для такої оцінки було обрано декілька робочих місць, які належать різним кафедрам, а саме:

– робоче місце студента Навчально-науковому центрі систем автоматизації та електроприводів Siemens [27] в аудиторії 3-111, яка закріплена за кафедрою Машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем (МАЕЕС) Факультету інженерії, транспорту та архітектури (ФІТА) Хмельницького національного університету (ХНУ) (рис. 3.16);

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69



Рисунок 3.16 – Робоче місце студента в лабораторії автоматизації Siemens
(ауд. 3-111 ХНУ)

– робоче місце студента в аудиторії 4-104 «Навчально-технічний центр НААС», закріплена за кафедрою Технології машинобудування Хмельницького національного університету (рис. 3.17);

– робоче місце лаборанта аудиторії 4-104 (рис. 3.18);

– робоче місце студента в лабораторії комп’ютерних технологій [27] БП-513 (приміщення закріплене за кафедрою МАЕЕС ХНУ (рис. 3.19);

– робоче місце викладача в лабораторії комп’ютерних технологій БП-513

– приміщення кафедри МАЕЕС ХНУ (рис. 3.20);

– робоче місце викладача в лабораторії мехатроніки та робототехніки [27] БП-516 кафедри МАЕЕС ХНУ (рис. 3.21).

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.17 – Робоче місце студента в навчально-технічному центрі НААС
(ауд. 4-104 ХНУ)

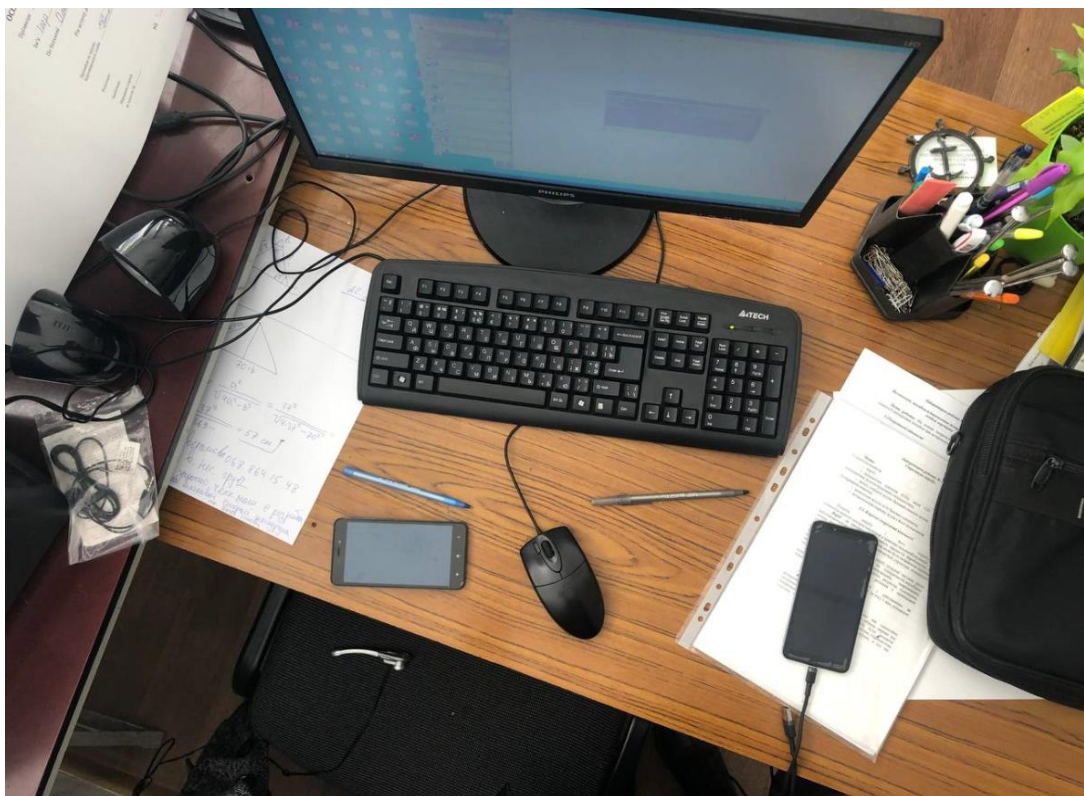


Рисунок 3.18 – Робоче місце лаборанта в навчально-технічному центрі НААС
(ауд. 4-104 ХНУ)

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

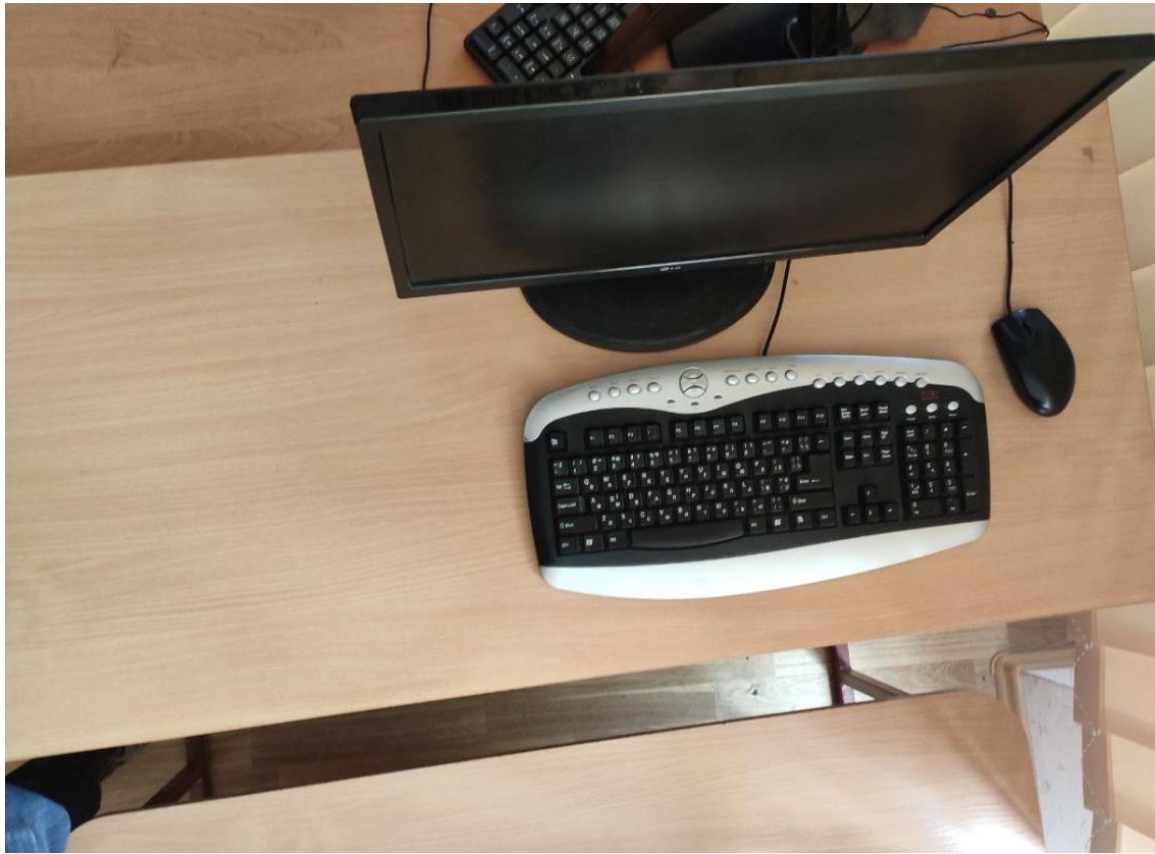


Рисунок 3.19 – Робоче місце студента в комп'ютерному класі БП-513

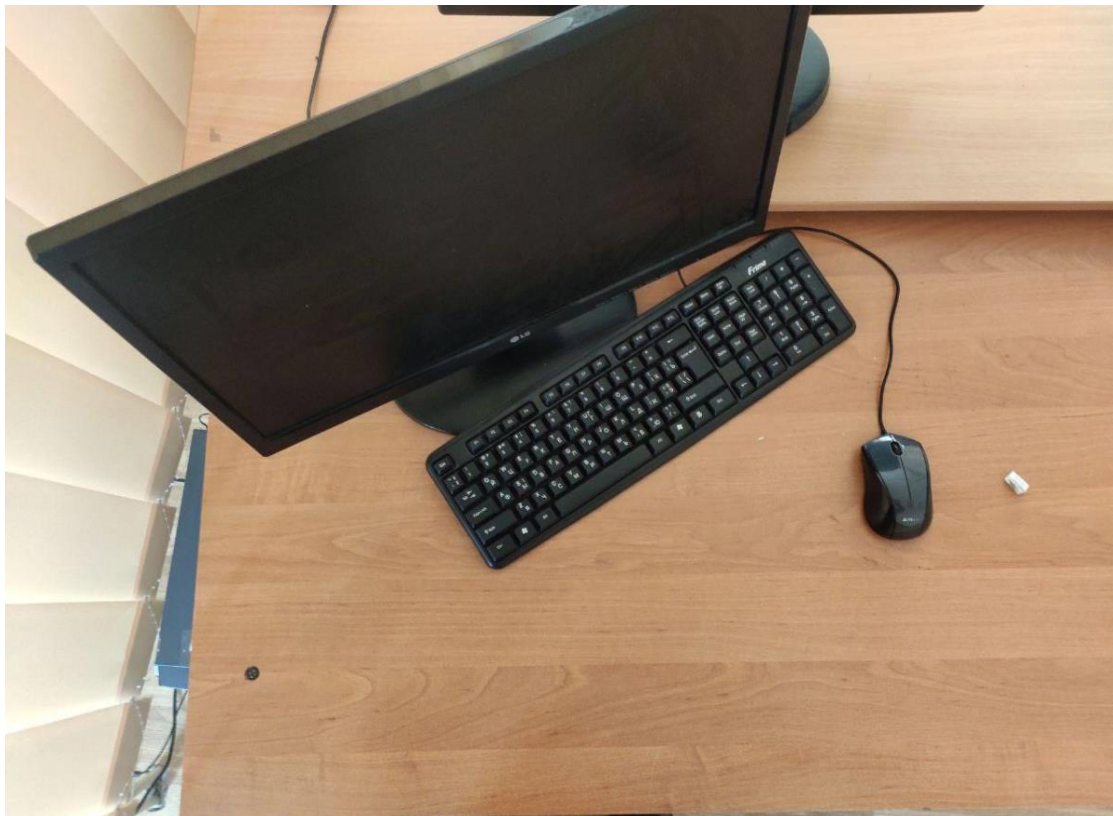


Рисунок 3.20 – Робоче місце викладача в аудиторії БП-513

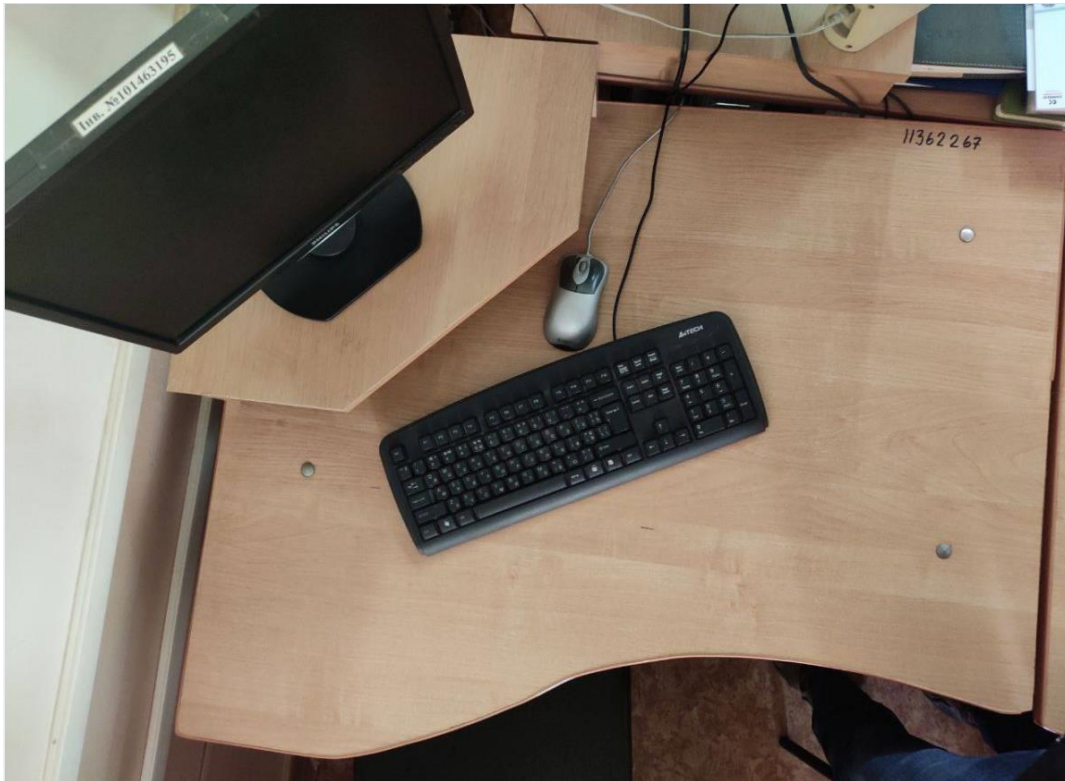


Рисунок 3.21 – Робоче місце в лабораторії мехатроніки та робототехніки БП-516 кафедри МАЕЕС

В цих аудиторіях та лабораторіях були зроблені фотографії робочих місць студентів та викладачів для їх подальшого використання в експертній системі з метою оцінки умов праці та надання відповідних рекомендацій.

На рис. 3.22 наведено результат роботи рекомендаційної системи на зображення робочого місця студента в аудиторії 3-111, яка представляє собою лабораторію автоматизації Siemens. Як видно з рис. 3.22, рекомендаційна система провела оцінку умов праці та не виявила жодних рекомендацій. Тобто, робоче місце студента в аудиторії 3-111 повністю відповідає ергономічним вимогам по облаштуванню робочих місць з ВДТ ЕОМ.

Серед розпізнаних об'єктів рекомендаційна система становила:

- клавіатуру із ймовірністю 90%;
- мишу із ймовірністю 88%.

Частина обладнання конвеєрної лінії Siemens, яка потрапила в кадр при цьому була розпізнана як світлофор. Це знову підкреслює те, що алгоритм

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

Огляд... Файл не вибрано.

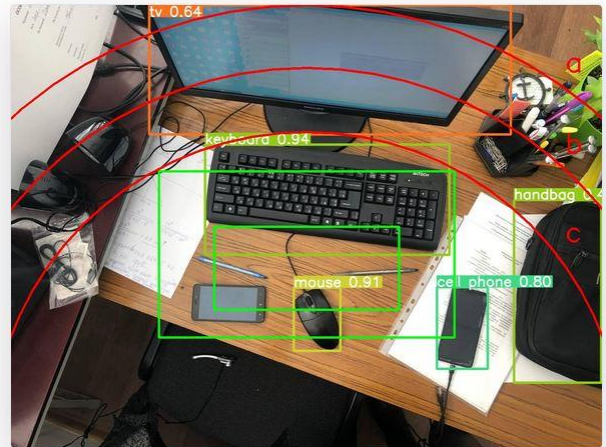
- Відобразити зони
- Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Розмістіть клавіатуру ближче до центру.

Вирівняйте монітор по центру і розмістіть далі від себе.



Recognized items

keyboard, mouse, cell phone, monitor, handbag,

Рисунок 3.23 - Результат рекомендацій та розпізнавання в аудиторії 4-104 (робоче місце лаборанта)

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

Огляд... Файл не вибрано.

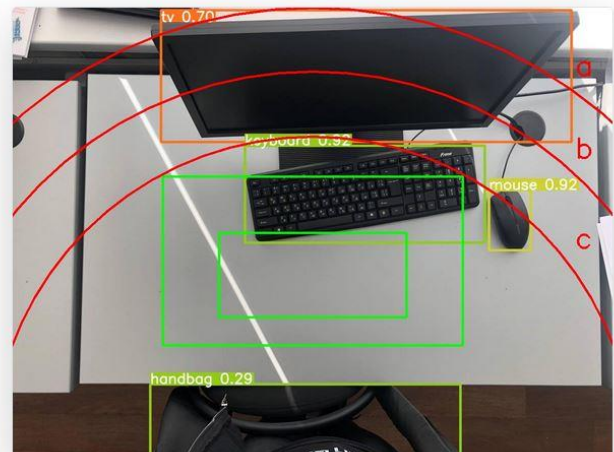
- Відобразити зони
- Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Розмістіть клавіатуру ближче до центру.

Вирівняйте монітор по центру і розмістіть далі від себе.



Recognized items

keyboard, mouse, monitor, handbag,

Рисунок 3.24 - Результат рекомендацій та розпізнавання в аудиторії 4-104 (робоче місце студента)

У випадку із робочим місцем студента було розпізнано:

- клавіатуру із ймовірністю 92%;
- мишу із ймовірністю 92%;

- рюкзак із ймовірністю 29%;
- монітор із ймовірністю 70%.

У випадку із коректним розташуванням об'єктів видно, що монітор на робочому місці лаборанта знаходиться в центрі зони А, як це і рекомендується науковцями з ергономіки. В той же час клавіатура на момент зйомки зображення частково знаходиться в зонах Г/Д, але не повністю. Хоча із зображення можна зробити висновок, що користувач тимчасово наблизив клавіатуру до монітора і навряд чи постійно працює із таким положенням клавіатури. У випадку із розташуванням клавіатури та миші на робочому місці студента в аудиторії 4-104 ситуація аналогічно.

Відповідно, експертна система надала рекомендації стосовно ергономічності робочих місць в аудиторії 4-104. В обох випадках система рекомендує розмістити клавіатуру ближче до центру та вирівняти монітор і розмістити трохи далі від користувача. Як видно з рис. 3.23 та 3.24, монітор знаходиться на межі між зонами А і Б та під невеликим кутом до користувача.

Аналогічним чином було проведено оцінку умов праці в лабораторії комп'ютерних технологій БП-513 (рис. 3.25 та 3.26).

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

Огляд... Файл не вибрано.

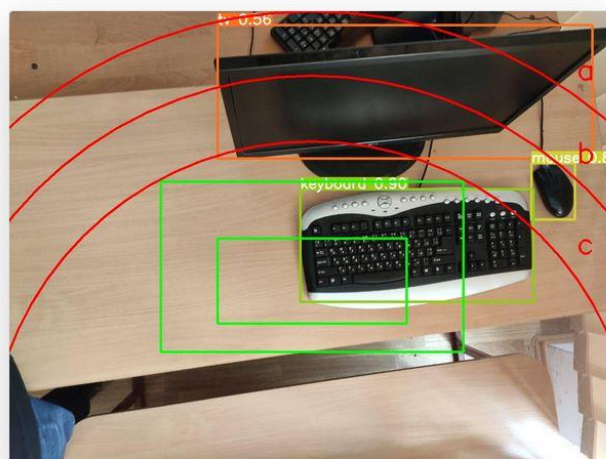
- Відобразити зони
- Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Розмістіть клавіатуру ближче до центру.

Вирівняйте монітор по центру і розмістіть далі від себе.



Recognized items

keyboard, mouse, monitor,

Рисунок 3.25 - Результат рекомендацій та розпізнавання в аудиторії БП-513 (робоче місце студента)

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

Огляд... Файл не вибрано.

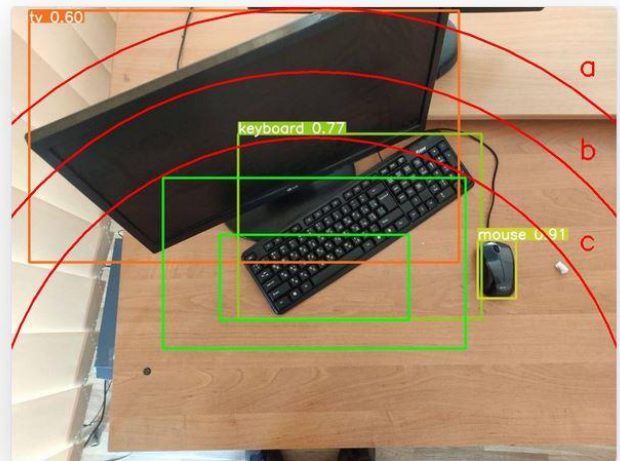
- Відобразити зони
 Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Розмістіть клавіатуру ближче до центру.

Вирівняйте монітор по центру і розмістіть далі від себе.



Recognized items

mouse, keyboard, monitor,

Рисунок 3.26 - Результат рекомендацій та розпізнавання в аудиторії БП-513 (робоче місце викладача)

На робочому місці студента (рис. 3.25) монітор розташований не по центру зони А, тому експертна система надала відповідну рекомендацію вирівняти монітор та розмістити його подалі від користувача ЕОМ. Аналогічну рекомендацію система пропонує і для робочого місця викладача в аудиторії БП-513, де монітор взагалі розміщений до користувача під кутом приблизно 30°, що не категорично забороняється як нормами українського законодавства, так і нормами інших країн (див. 1.3). Крім того, клавіатура та миша так само знаходяться не у правильному положенні, тобто поза межами зон Г/Д.

Серед розпізнаних об'єктів на робочому місці студента в аудиторії БП-513 було розпізнано:

- клавіатуру із ймовірністю 90%;
- мишу із ймовірністю 80%;
- монітор із ймовірністю 56%.

У випадку із робочим місцем викладача система розпізнала:

- клавіатуру із ймовірністю 77%;
- мишу із ймовірністю 91%;

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

– монітор із ймовірністю 60%.

У випадку із рекомендаціями стосовно облаштування робочому місця в аудиторії мехатроніки та робототехніки, яка закріплена за кафедрою Машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету (БП-516), розпізнаними об'єктами є (рис. 3.26):

- клавіатура із ймовірністю 93%;
- миша із ймовірністю 89%;
- монітор із ймовірністю 57%.

Your personal desk assistant

Upload your desk image and get your personal recommendations!

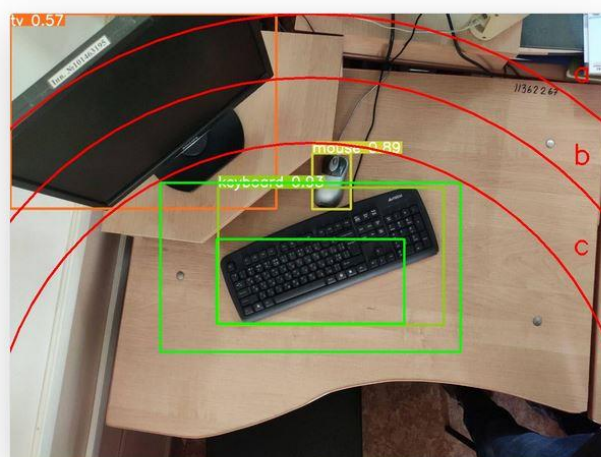
Огляд... Файл не вибрано.

- Відобразити зони
- Відобразити розпізнані об'єкти

Upload

Рекомендації для вас:

Вирівняйте монітор по центру і розмістіть далі від себе.



Recognized items

keyboard, mouse, monitor,

Рисунок 3.26 - Результат рекомендацій та розпізнавання в аудиторії БП-516

В цьому випадку система надає рекомендації лише стосовно монітору, який явно не знаходиться під прямим кутом до користувача. Тому експертна система надає рекомендації вирівняти монітор та розташувати його подалі від користувача, оскільки дуга, що окреслює початок зони А, накладається на зображення монітора. Стосовно розміщення клавіатури в експертній системі відсутні рекомендації до аудиторії Б-516, оскільки її розміщення потрапляє в межу зон Г/Д.

В цілому, на проведення аналізу на шести робочих місцях у чотирьох різних приміщеннях Хмельницького національного університету було витрачено

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

всього 10 хвилин часу. Підготовчий етап, під яким розуміється власне збір зображень робочих місць зайняв 30 хвилин часу. Такі показники свідчать про швидку роботу експертної системи в розрізі оцінки умов праці користувачів ЕОМ та надання відповідних рекомендацій.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ВИСНОВОК

У дипломній роботі було розроблено рекомендаційну систему для оцінки умов праці при роботі за персональним комп'ютером. Метою роботи є реалізація автоматизованої системи оцінки умов праці робочих місць, що використовують візуально-дисплейні термінали електронно-обчислювальних машин, за допомогою алгоритмів експертних систем на розпізнавання об'єктів, а також проведення оцінки існуючих робочих місць із метою їх подальшого вдосконалення та зміни конструкції робочого місця у відповідності із ергономічними вимогами та нормативно-правових регламентів в сфері використання ВДТ ЕОМ.

В I розділі дипломної роботи було проведено аналіз нормативно-правового забезпечення безпечних умов праці при роботі з електронно-обчислювальними машинами та ергономічні засади проектування робочих місць із візуально-дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. Крім того було проаналізовано нормативно-правове забезпечення безпечних умов праці робітників, які використовують ЕОМ в процесі виконання своїх обов'язків у різних країнах, а саме в США, Великобританії, Австралії, Гонконгу та Європі.

В II розділі наведені особливості використання експертних систем як функціоналу для надання рекомендацій в різних предметних областях. Було встановлено найбільш поширені експертні системи та наведено принцип роботи алгоритму розпізнавання об'єктів, як один із методів навчання експертних систем.

В III розділі описані особливості використання розробленої рекомендаційної системи для оцінки умов праці за ЕОМ. Описано процес установки розробленої експертної системи та мови програмування, які використовувались для її написання. Крім того, детально описаний функціональний інструментарій розробленої експертної системи на основі алгоритмів штучного інтелекту.

					ДРЦДВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Розроблена експертна система використовувалась для проведення оцінки умов праці в приміщеннях Хмельницького національного університету із метою подальшого надання рекомендацій стосовно вдосконалення конструкцій робочого місця студентів та викладачів у відповідності із ергономічними нормативно-правовими регламентуючими документами України.

Було проаналізовано шість видів робочих місць у чотирьох різних аудиторіях, закріплених за різними кафедрами Факультету інженерії, транспорту та архітектуру. В результаті проведеного аналізу встановлено, що в аудиторії 3-111 немає необхідності проводити покращення та вдосконалення конструкції робочих місць студентів, тому що вони повністю відповідають вимогам. В той же час, аудиторії 4-104, БП-513 та БП-516 потребують вдосконалення конструкції робочих місць з ЕОМ як для студентів, так і для викладачів.

Дана дипломна робота є результатом глибокого аналізу, дослідницької роботи різних джерел по даній темі. Базисом дипломної роботи виступили праці, суб'єктивна оцінка і аналіз науковців, авторів підручників, а також нормативно-правова документація України з питань охорони праці.

					ДРЦВБ.21249.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81