

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 16 грудня 2022 р.
№ 13

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для самостійної роботи з навчальної дисципліни «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА (КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА)»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні
системи»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Рекомендовано на засіданні
кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної
техніки
30 серпня 2022р., протокол № 8

Розробники: д.т.н., проф., завідувач кафедри метрології та інформаційно-
вимірювальної техніки ПОДЧАШИНСЬКИЙ Юрій, старший викладач кафедри
метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
ЛУГОВИХ Оксана

Житомир
2022

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 33 / 2</i>

ЗМІСТ

1. РЕКОМЕНДАЦІЇ СТУДЕНТАМ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	3
2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТА ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ	4
3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	15
4. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	18
6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	30

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 3

1. РЕКОМЕНДАЦІЇ СТУДЕНТАМ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота студентів (СРС) складається з роботи з літературою (доповнення конспектів лекцій, написання рефератів), роботи на ПК та виконання Індивідуального завдання . Кожен студент повинен виконати індивідуальне завдання за погодженням із викладачем. Тематики для самостійної роботи студентів та їх обсяг визначаються даною програмою.

Особлива увага під час СРС повинна приділятися набуттю навичок практичної роботи на комп'ютерах з різноманітним програмним забезпеченням. Для цього потрібно ознайомитись із основними теоретичними відомостями про програмний продукт за допомогою спеціальної літератури, лекційного та методичного матеріалу або довідкової системи програми. Після цього можна виконувати конкретні практичні завдання для СРС.

Навчальна дисципліна “Комп’ютерна графіка” - складова частина підготовки бакалаврів за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології». Дані методичні вказівки – це навчальний посібник для самостійної роботи студентів з цієї дисципліни для студентів факультету інформаційно-комп’ютерних технологій.

В результаті виконання завдань самостійної роботи студенти набувають навичок дослідження алгоритмів обробки цифрової відеоінформації в сучасних пристроях і систем управління з використанням елементів штучного інтелекту. Ці навички повинні бути використані студентами під час подальшого навчання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 4

2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТА ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Метою самостійної роботи є вивчення методів роботи з цифровими зображеннями за допомогою програмно-алгоритмічних засобів комп'ютерної графіки, в тому числі програмного пакету Matlab/Image Procesing Toolbox.

Ці методи можуть бути застосовані при розробці автоматизованих систем та систем машинного зору. Системи машинного зору (СМЗ) призначені для виконання візуального аналізу і обробки зображень двовимірних і тривимірних сцен. Ця область інформаційної техніки в даний час швидко розвивається, і відповідні системи знаходять широке застосування в різних областях техніки.

У загальному випадку сприйняття СМЗ інформації про реальну двовимірну чи тривимірну сцену може бути визначене як процес, за допомогою якого сприймаються і аналізуються параметри, якості і властивості об'єктів, що спостерігаються, такі як освітленість, форма, розмір, колір, фактура поверхні, тобто те, що визначає зовнішній вигляд об'єктів і їх орієнтацію в просторі. Процес візуального сприйняття і аналізу містить у собі побудову абстрактного опису сцени, що в багатьох випадках виконується в умовах істотної неоднозначності. Можна сказати, що сутність процесу зорового сприйняття СМЗ полягає в побудові ефективних символічних описів навколишнього середовища, які замінюють великі обсяги вхідних візуальних даних. Такий опис повинен містити всю необхідну інформацію про сцену, і, крім того, він повинен бути зручним для здійснення процесів розпізнавання та інтерпретації.

Таким чином, під автоматичною обробкою зображень у самому загальному випадку можна розуміти процес одержання символічних описів зображень реального світу, що використовуються при наступній інтерпретації сцени. Метою такої обробки може бути також візуальне удосконалення чи статистична оцінка визначеного аспекту зображення, який не є безпосередньо очевидним у початковій формі зображення.

Розповсюдженим видом обробки зображень є ідентифікація візуальної інформації з деякою еталонною інформацією, що знаходиться в пам'яті СТЗ. Одним із варіантів такої обробки є розпізнавання образів, що звичайно ґрунтується на зіставленні зображення об'єкта, що аналізується, з набором еталонних образів. Однак просте поелементне зіставлення зображення, що розпізнається, та еталонного зображення пов'язане з надмірно складними обчисленнями, що займають занадто багато часу. Тому, як правило, здійснюються операції попередньої обробки зображень, які зводяться до стиснення і структуризації зображення, що дозволяє істотно спростити зазначені обчислення. В результаті попередньої обробки зображення замінюється набором ієрархічно упорядкованих фрагментів, що апроксимуються деякими графічними примітивами. Перетворене зображення передає основний інформаційний зміст початкового зображення. Ефективність таких перетворень залежить від форми,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 5

розмірів і орієнтації примітивів, причому ефективність тим вище, чим менша кількість примітивів.

Задача розпізнавання образів відноситься до числа тих, що важко формалізуються. У різних варіантах СМЗ використовуються різні формальні моделі. Одним із варіантів є залучення теорії формальних мов для вирішення даної задачі і побудови лінгвістичних моделей для аналізу сцен. Сцена при такому підході розглядається як мовний вираз, синтаксис якого визначається припустимими структурними відносинами. При цьому аналіз зображень зводиться до процесу граматичного розбору, у результаті якого утворюється ряд більш простих зображень, зв'язаних одне з одним.

В деяких випадках, в залежності від конкретного завдання, можуть бути непотрібними складні математичні алгоритми розпізнавання форми та інших характеристик об'єкту. Наприклад, для визначення розмірів об'єкта достатньо виділити на зображенні контур цього об'єкта.

СМЗ можуть бути побудовані на основі обробки аналогових зображень і оцифрованих зображень. У першому випадку координати елементів зображення і їх колір змінюються безперервно, в другому - дискретно. Аналогова обробка зображень здійснюється оптичними системами. Цифрова обробка зображень виконується за допомогою цифрових ЕОМ (персональних комп'ютерів), але існують також і оптичні цифрові системи обробки зображень.

В оптичних системах здійснюється багатоканальна паралельна обробка візуальної інформації з досить високою швидкістю, однак точність такої обробки нижче, ніж у цифрових ЕОМ. В той же час швидкість обробки візуальної інформації в цифрових ЕОМ нижче, ніж в оптичних системах.

Проте швидкодія комп'ютерів безупинно підвищується, поліпшуються функціональні можливості засобів введення-виведення, розвивається програмне забезпечення, з'являються функції паралельної обробки.

Перераховані властивості цифрових ЕОМ, а також їх більш широкі і гнучкі функціональні можливості привели до того, що в даний час в СМЗ в більшості випадків використовується цифрова комп'ютерна техніка.

СТЗ складаються з відеокамери, що формує відеозображення, пристрою введення відеозображення в комп'ютер, самого комп'ютера і пристрою керування рухом, який дозволяє переміщувати відеокамеру в просторі. Системи "машинного зору" здатні цілком замінити людину у виробничих операціях контролю, вимірювання, сортування об'єктів.

Для введення в комп'ютер зображення використовується пристрій введення відеозображень в комп'ютер і відеокамера або цифровий фотоапарат. Ця частина системи вирішує задачі "технічного зору". Виходячи з задачі, можуть використовуватися, як складні (можливе підключення декількох відеокамер), так і найпростіші пристрої. Це дозволяє створити системи для конкретної прикладної задачі з оптимальною вартістю.

Для переміщення відеокамери використовується пристрій керування рухом. Можливості цього пристрою теж дуже широкі. Якщо необхідний рух у

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 6

площині, то використовується пристрій на дві осі руху. Якщо необхідно керувати рухом по складній просторовій траєкторії – на шість осей руху. Усе це дозволяє вибрати пристрій для конкретної прикладної задачі.

Для роботи з відеозображеннями використовується бібліотека функцій, що дозволяє одержувати необхідну інформацію з відеозображень, що надходять в систему. За допомогою цієї бібліотеки можна проводити відновлення зображень, що містять шуми, згладжувати контури об'єктів, виконувати сегментацію і кількісний аналіз образів, що надходять в систему. Великий набір функцій дозволяє одержувати після обробки відеозображення достатньої якості без використання дуже складних і дорогих відеокамер.

Як правило, не буває промислового устаткування без додаткових датчиків, тому в СТЗ входить багатофункціональна плата введення-виведення даних. Вона необхідна для підключення додаткового устаткування, збору інформації з датчиків і оброблення її.

СТЗ застосовуються в наступних областях промисловості: автомобілебудуванні, електроніці, фармацевтичній промисловості, машинобудуванні, робототехніці, лабораторних дослідженнях.

За рахунок своєї гнучкості й універсальності СТЗ дозволяють знизити навантаження на людину практично у всіх областях промисловості.

В електронній промисловості виробляється велика кількість різних плат. Як правило, на них встановлюється велика кількість навісних монтажних елементів. Мікросхеми встановлює на плату машина, але контроль правильності установки робить людина. Якщо на даній операції замінити людину СТЗ, то це підвищить якість і швидкість контролю і тестування плат.

Інша область, у якій можуть бути застосовані СТЗ – автомобілебудування. На кожному етапі зборки машини необхідний візуальний контроль. На кузові велика кількість зварних швів – їх потрібно перевірити. Кузов необхідно пофарбувати – якість фарбування так само контролюється. Усі ці операції робить людина і тому не можна гарантувати абсолютну якість продукції без надійного контролю. СТЗ дозволяє прискорити процес виробництва і підвищити якість і надійність продукції.

Продукція, що випускається фармацевтичною промисловістю, повинна суворо відповідати стандартам і тому необхідний контроль її якості на етапі випуску. При маркуванні готових таблеток іноді відбуваються збої, а таблетки з неправильним маркуванням не можуть використовуватися. СТЗ дозволяє виконувати автоматичний контроль маркування і забезпечувати належну якість продукції.

В лабораторних дослідженнях також використовується візуальний контроль і вимірювання. Вони характерні тим, що не вносять збурень у об'єкт, що досліджується. Це дуже важливо у багатьох наукових дослідженнях.

Одержання зображення об'єкта з різних ракурсів дозволяє одержати повну інформацію про цей об'єкт. Ця властивість СТЗ дозволяє використовувати їх для контролю точності виготовлення деталей в машинобудуванні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 7

СТЗ дозволяють створювати мобільні роботи, які можуть замінити людину при роботі поруч з атомним реактором, на пожежі і в інших ситуація, де людина працювати не може. Контроль за допомогою СТЗ можна робити на відстані і це дозволяє використовувати їх для контролю в агресивних середовищах.

Гнучкість, багатофункціональність і висока надійність СТЗ дозволяє замінити людину в більшості областей промисловості.

Створення СТЗ потребує використання певного набору апаратних засобів (рис. 1.1). Найсуттєвішим елементом даної структурної схеми є вимірювальний канал, від якого в значній мірі залежать точнісні і часові характеристики даної системи.

Елементи даної структурної схеми є складними технічними виробами, що потребують для розробки значних затрат праці і багато часу, а для виготовлення – складного обладнання і певного рівня технології. Тому в більшості випадків доцільно використовувати існуючі стандартні апаратні засоби, а потрібні характеристики системи забезпечити на основі алгоритмічної обробки цифрової відеоінформації.

Можливі такі варіанти використання стандартних апаратних засобів для побудови СТЗ:

1. Відеокамера, яка підключена до пристрою введення відеозображень (в складі комп'ютера).
2. Цифровий фотоапарат, підключений до комп'ютера через послідовний інтерфейс або інтерфейс USB.
3. Цифрова відеокамера, підключена до комп'ютера через інтерфейс IEEE 1394 "FireWire" або інтерфейс USB.

Розглянемо ці варіанти більш детально, звертаючи увагу на технічні характеристики апаратних засобів, важливі для вирішення задач контролю і вимірювань.

Відеокамера, яка підключена до пристрою введення відеозображень (в складі комп'ютера). Введення відеозображень від відеокамери в персональний комп'ютер і їх перетворення в цифрову форму виконується за допомогою спеціального пристрою, що являє собою плату розширення в складі комп'ютера.

Даний варіант має такі недоліки, що негативно впливають на якість отриманих цифрових відеозображень:

1. Максимальний розмір цифрового зображення дорівнює близько 800x600 дискретних точок через обмеження, що впливають із властивостей аналогового відеосигналу відповідно до телевізійних стандартів.

2. Верхня межа смуги частот відеосигналу після всіх перетворень дорівнює 3 – 5 МГц, що негативно впливає на відтворення контурів об'єктів на відеозображенні.

3. В даному випадку має місце черездякова розгортка, що негативно впливає на якість швидкорухомих зображень.

Переваги даного варіанту:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 8

1. Можливість введення і обробки послідовності зображень з високою частотою кадрів (25 кадрів / 50 напівкадрів в секунду), що важливо для дослідження динаміки швидкоплинних процесів.

2. Доступність і відносно невелика собівартість апаратних засобів.

3. Можливість накопичення відеозображень шляхом запису на магнітну стрічку з подальшим введенням в комп'ютер.

Для подолання недоліків даного варіанту слід використовувати спеціалізовану відеокамеру або переходити до інших варіантів введення відеозображень в комп'ютер.

Цифровий фотоапарат дозволяє фіксувати у власному запам'ятовуючому пристрої невелику кількість цифрових зображень у форматі без стиснення (BMP, TIFF) або з стисненням (JPEG). Перетворення відеоінформації в цифрове зображення виконується у самому фотоапараті за допомогою напівпровідникового перетворювача "світло-сигнал". Далі цифрові зображення передаються в комп'ютер по послідовному інтерфейсу або інтерфейсу USB.

Переваги даного варіанту:

1. Великий розмір цифрового зображення, який дорівнює 2048x1536 дискретних точок у кращих моделях цифрових фотоапаратів. Цей розмір обмежується в основному тільки сучасними можливостями технології виготовлення напівпровідникових перетворювачів "світло-сигнал". Зображення може бути стиснуто в цифровому фотоапараті або введено в комп'ютер в нестиснутому вигляді.

2. Висока якість цифрового зображення у порівнянні із аналоговою відеокамерою. Це обумовлено низьким рівнем шумів і малими похибками дискретності відеоінформації.

3. Можливість безпосереднього отримання напівтонового зображення у цифровому фотоапараті, що важливо при введенні даних про виробничий процес або науковий експеримент.

Недоліком даного варіанту є те, що відсутня можливість введення в комп'ютер послідовності зображень з високою частотою кадрів, що важливо для дослідження динаміки різних процесів. Зауважимо, що кращі моделі цифрових фотоапаратів мають можливість введення в комп'ютер послідовності стиснутих зображень у реальному масштабі часу із максимальною швидкістю 2 – 3 кадри в секунду. Передача нестиснутого відеозображення в комп'ютер може займати декілька хвилин, що неприйнятно в багатьох випадках. Ці недоліки впливають із обмеженої пропускної здатності послідовного інтерфейсу (115 Кбіт/с) або інтерфейсу USB (12 Мбіт/с).

Цифрова відеокамера дозволяє отримати послідовність відеозображень у цифровій формі і передати їх у комп'ютер через інтерфейс USB або IEEE 1394 "FireWire" (пропускна здатність 100 Мбіт/с). Перетворення відеоінформації в цифрове зображення відбувається в самій відеокамері. Обмежена пропускна здатність апаратних засобів вимагає застосування стиснення відеозображень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 9

Для стиснення використовуються формати відеопослідовностей М-JPEG, MPEG та інші.

Переваги даного варіанту:

1. Краща якість цифрового зображення у порівнянні із аналоговою відеокамерою. Це обумовлено низьким рівнем шумів і малими похибками дискретності.

2. Послідовна розгортка відеозображення.

3. Можливість введення в комп'ютер і обробки послідовності зображень з високою частотою кадрів (25 кадрів в секунду для інтерфейсу IEEE 1394).

Недоліком даного варіанту є те, що стандартні цифрові відеокамери, орієнтовані на телевізійний стандарт передачі зображень, забезпечують максимальний розмір цифрового зображення близько 800x600 дискретних точок. Цифрові відеокамери, орієнтовані на передачу зображень по комп'ютерним мережам, формують зображення невеликого розміру (320x240 точок) і з невеликою частотою кадрів. Для подолання вказаних недоліків потрібно використання спеціалізованої цифрової камери, яка призначена для роботи в складі промислового комп'ютера і має підвищений розмір цифрового відеозображення (1024x1024 точок і більше).

Для побудови автоматизованих систем і СТЗ найбільш важливим є розмір зображення в дискретних точках, отриманий в пристрої формування відеозображень. Наприклад, при розмірі відеозображення 800x600 точок і зйомці площі розміром 80x60 мм одній дискретній точці відповідає площа 0,10x0,10 мм, при розмірі відеозображення 2048x1536 точок – площа 0,04x0,04 мм. Це є достатнім для розв'язання багатьох прикладних задач, наведених на початку даного підрозділу.

В СТЗ потрібно виконувати цифрову обробку відеозображень, отриманих за одним із вказаних варіантів. Конкретний перелік операцій по обробці відеозображень визначається задачею, що вирішується за допомогою СТЗ.

Контроль і вимірювання параметрів виробничого процесу або наукового експерименту за допомогою СТЗ вимагає отримання послідовності відеозображень з високою частотою кадрів. Це приводить до необхідності реєстрації і накопичення в реальному масштабі часу дуже великого об'єму цифрової відеоінформації, що неможливо навіть для сучасних апаратних засобів. Тому актуальною є задача зменшення об'єму цифрової відеоінформації про об'єкт вимірювань.

Існують такі методи зменшення об'єму цифрової відеоінформації:

- зменшення розміру відеозображень;
- зниження частоти кадрів для послідовності відеозображень;
- стиснення наявного об'єму відеоінформації методами, відомими із теорії інформації і теорії цифрової обробки відеозображень.

Перші два методи в СТЗ неприйнятні в більшості випадків, так як суттєво знижують точність вимірювань. Тому розглянемо третій метод, тобто стиснення відеоінформації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 10

Можливі два варіанти стиснення відеозображень:

- стиснення відеозображення як растрового графічного зображення і його зберігання в стиснутому форматі;
- пошук і виділення потрібних об'єктів на відеозображенні, визначення характеристик цих об'єктів (в тому числі – геометричних характеристик) і зберігання тільки цієї інформації.

Другий варіант потребує виконання значного об'єму обчислень і не може бути застосований для стиснення в реальному масштабі часу при реєстрації параметрів виробничого процесу або наукового експерименту. Він використовується у випадках, коли відеозображення вже накопичені і потрібно зберігати тільки результати обробки.

Перший варіант може бути реалізований у вигляді алгоритму на рівні апаратних засобів (спеціалізованої мікросхеми) для стиснення в реальному масштабі часу або на рівні програмних засобів універсальної ЕОМ для стиснення вже накопичених відеозображень. Він використовується для стиснення відеозображень при введенні їх в комп'ютер і при зберігання цих відеозображень. Виходячи із особливостей великої кількості конкретних задач по контролю і вимірюванню параметрів виробничого процесу або наукового експерименту, можна зробити висновок про те, що далі доцільно розглядати стиснення відеозображень як растрової графіки.

Універсальні методи стиснення інформації, що базуються на виключенні інформаційної надлишковості, не дозволяють досягти значного стиснення відеозображень, представлених у вигляді растрової графічної інформації. Максимальний коефіцієнт стиснення, як правило, не перевищує 1:2, а в деяких випадках можна отримати навіть збільшення розміру стиснутого відеозображення. Ефективне стиснення відеозображень можливе тільки на основі методів із втратами деякої частини інформації. Існують різні методи стиснення відеозображень із втратами частини інформації. Це, наприклад, методи на основі кодування із перетворенням, wavelet- стиснення, стиснення на основі фракталів, тощо.

На теперішній час для стиснення відеозображень в СТЗ найбільш доцільно використовувати JPEG-алгоритм стиснення, який базується на дискретному косинусному перетворенні (ДКП) цифрового зображення. Це обумовлено такими факторами:

- даний алгоритм фактично є стандартом для стиснення нерухомих цифрових зображень і забезпечує стиснення в декілька десятків разів без суттєвих викривлень зображення;
- JPEG-алгоритм є основною складовою частиною багатьох методів стиснення послідовностей рухомих зображень, наприклад, методу MJPEG;
- JPEG-алгоритм, реалізований в апаратних засобах формування відеозображень і їх введення в комп'ютер, забезпечує стиснення послідовностей відеозображень в реальному масштабі часу, що важливо при дослідженні розвитку механічної деформації в часі;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 11

– стиснення відеозображень за JPEG-алгоритмом може виконуватися безпосередньо при формуванні відеозображень в цифровому фотоапараті і цифровій відеокамері або при введенні відеозображень в комп'ютер.

В результаті даний алгоритм забезпечує: зменшення часу введення відеозображень в комп'ютер; можливість дослідження динаміки різних процесів в реальному масштабі часу; раціональну організацію зберігання цифрових відеозображень.

В ході автоматизованої обробки відеозображень досить часто потрібно вимірювати координати окремих точок, визначати відстань між точками і розміри об'єктів, тобто визначати метричні характеристики об'єктів на відеозображеннях.

Головною метричною характеристикою на зображеннях є відстань. Відстань – це дійсна функція $d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)]$ координат двох точок (x_i, y_i) і (x_j, y_j) . Відстань має такі властивості:

$$\begin{aligned} d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)] &\geq 0; \\ d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)] &= d [(x_j, y_j), (x_i, y_i)]; \\ d [(x_i, y_i), (x_j, y_j)] + d [(x_j, y_j), (x_k, y_k)] &\geq d [(x_i, y_i), (x_k, y_k)]. \end{aligned}$$

При автоматизованій обробці відеоінформації в СТЗ необхідно визначити геометричні розміри об'єкта, що досліджується. Цьому відповідає евклідова відстань між двома опорними точками, що належать контуру об'єкта. Евклідова відстань між двома точками визначається за формулою:

$$d = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}.$$

Якщо вимірюється відстань по горизонталі ($y_i = y_j$), то початкова формула набуває вигляду

$$d = x_j - x_i.$$

Якщо вимірюється відстань по вертикалі ($x_i = x_j$), то початкова формула набуває вигляду

$$d = y_j - y_i.$$

Для визначення геометричних розмірів об'єкта за цими формулами необхідно знати координати точок зображення, між якими вимірюється відстань. Таким чином необхідно виділити на зображенні потрібний об'єкт і визначити координати точок, що утворюють зовнішній контур цього об'єкту.

Можливі два методи вирішення задачі визначення геометричних розмірів об'єкта на зображенні:

– на основі виділення контурів (контурних ознак зображення) з подальшим переходом до символічного опису зображення;

– на основі сегментації зображення по яскравості і визначення координат контурних точок об'єктів.

Послідовність кроків по обробці зображення для першого методу має приблизно такий вигляд:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 12

1. Виділення контурів на основі застосування до зображення лінійних або нелінійних операторів для збільшення контрастності перепадів яскравості і використання порогового детектору, тобто отримання так званого контурного препарату зображення.

2. Виконання процедури витончення контурів.

3. Визначення об'єктів на зображенні на основі набору контурів, тобто перехід до символічного опису зображення.

4. Визначення координат окремих точок контуру об'єкта, які необхідні для подальшого розрахунку метричних характеристик об'єкта.

5. Визначення відстані між точками контуру і геометричних розмірів об'єкта.

Послідовність кроків по обробці зображення для другого методу має приблизно такий вигляд:

1. Сегментація зображення по яскравості і визначення області приблизно однакової яскравості, що відповідає потрібному об'єкту.

2. Визначення координат окремих точок контуру об'єкта, які необхідні для подальшого розрахунку метричних характеристик об'єкта.

3. Визначення евклідової відстані між точками контуру і геометричних розмірів об'єкту.

Порівнюючи перший та другий методи вирішення цієї задачі, можна зробити висновок про те, що перший метод більш складний і потребує більшого об'єму обчислень. Але перший метод забезпечує більш якісну і надійну обробку складних зображень, які:

– містять багато об'єктів складної форми;

– мають недостатню якість, обумовлену об'єктивними обставинами, наприклад, низький контраст об'єктів і фону через недостатнє освітлення або значний рівень шумів.

Розглянемо оператори, що використовуються для виділення контурів на відеозображенні.

Для виділення контурів використовується теорема про згортку, тобто виконується згортка початкового відеозображення з характеристикою фільтра в часовій області. Така операція подібна операції видалення шумів з відеозображення, але в даному випадку використовуються маски різних фільтрів верхніх частот.

Розробку алгоритмів обробки відеозображень для конкретних прикладних задач доцільно виконувати в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox. Для подальшого використання в СТЗ, що випускаються промисловістю, такий алгоритм перетворюється в програму за допомогою однієї з алгоритмічних мов високого рівня.

Image Processing Toolbox містить великий вибір стандартних алгоритмів цифрової обробки і аналізу відеозображень. Це звільняє користувача від необхідності виконувати розробку та налагодження цих алгоритмів і дозволяє зосередитися на вирішенні основної наукової або інженерної задачі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 13

Стандартні функції пакету Image Processing Toolbox допускають можливість зміни великої кількості параметрів, що дуже актуально при дослідженні алгоритмів цифрової обробки відеозображень. Перш, ніж використовувати ці стандартні функції для вирішення конкретних задач, фахівець повинен їх вивчити і дослідити. Це одна із задач, що вирішується в ході виконання студентами даних лабораторних робіт.

Зображення можуть бути векторні і растрові. Векторне зображення містить набір графічних примітивів (точка, лінія, прямокутник, текстовий надпис). Растрове зображення – це двовимірний масив, елементи якого містять інформацію про яскравість і колір точок початкового відеозображення. Растрові відеозображення можуть бути кольорові (24 біти на точку), кольорові палітрові, напівтонові і двохградаційні.

Елементи кольорових (24 біти на точку) відеозображень містять дані про яскравість кожної з трьох кольорових складових частин відеозображення відповідно до адитивної кольорової схеми RGB (червона, зелена та синя складові частини).

Кольорові палітрові відеозображення містять посилання на елементи палітри. Палітра – це таблиця, що містить дані про червону, зелену та синю складову частину для кожного кольору з деякого фіксованого набору кольорів, що присутні на відеозображенні.

Напівтонове відеозображення складається з елементів, які містять значення яскравості дискретних точок. Цей тип відеозображень дуже часто використовується в СТЗ.

Двоградаційне відеозображення містить елементи, що можуть приймати тільки два значення – 0 та 1. Такі відеозображення можна отримати шляхом сегментації початкового відеозображення на об'єкт і фон з фіксованим або адаптивним порогом.

Двовимірний масив, що відповідає відеозображенню, як і будь-який інший масив в системі MatLab, може бути двох типів:

`double` – елементи масиву – дійсні числа подвійної точності довжиною 8 байтів;

`uint8` – елементи масиву – цілі числа довжиною 1 байт.

Якщо масив має тип `double`, то повному динамічному діапазону значень яскравості точок відеозображення відповідає діапазон дійсних чисел від 0 до 1. Якщо масив має тип `uint8`, то це діапазон цілих чисел від 0 до 255.

При завантаженні відеозображення в оперативну пам'ять створюється масив типу `uint8`. Зауважимо, що в MatLab арифметичні операції можна виконувати тільки над елементами масиву типу `double`. Тому масив відеозображення типу `uint8` потрібно перетворити в масив типу `double` або використовувати стандартні функції пакету Image Processing Toolbox для арифметичних операцій над відеозображеннями.

Функції пакету прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox, які необхідно використовувати:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 14

- imshow** – виведення відеозображення на екран комп'ютера;
- imread** – читання графічного файлу із відеозображенням і завантаження відеозображення в двовимірний масив, розташований в оперативній пам'яті комп'ютера;
- imwrite** – запис відеозображення на жорсткий диск у вигляді графічного файлу;
- subplot** – вказує певну частину екрану, в яку буде виведене відеозображення;
- title** – задає текстовий заголовок, розташований на екрані над відеозображенням;
- rgb2gray** – перетворює кольорове відеозображення (24 біти на точку) в напівтонове відеозображення;
- im2bw** – перетворює кольорове або напівтонове відеозображення в двоградісний відеозображення.
- dct2** – обчислює ДКП цифрового відеозображення;
- dctmtx** – формує матрицю коефіцієнтів, що використовуються при обчисленні ДКП;
- blkproc** – обчислення заданої функції для блоку точок цифрового відеозображення;
- cputime** – повертає час роботи центрального процесора в секундах;
- zeros** – формує матрицю заданого розміру, всі елементи якої дорівнюють нулю;
- inline** – перетворює строку символів в команду системи MatLab;
- prod** – обчислює добуток елементів вказаного масиву чисел;
- nnz** – обчислює кількість ненульових елементів в масиві чисел;
- size** – обчислює розмір матриці по кожній розмірності;
- fprintf** – виводить в командне вікно системи MatLab або в файл текстовий рядок.
- edge** – виділення контурів об'єктів на відеозображенні.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 15

3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. З яких основних блоків складається комп'ютеризована система для роботи з відеозображеннями?
2. Назвіть переваги і недоліки різних варіантів введення відеозображень в комп'ютер.
3. Назвіть прикладні області, в яких може ефективно застосовуватися комп'ютерна обробка відеозображень.
4. Поясніть, як застосування цифрової відеокамери впливає на характеристики отриманих відеозображень.
5. Назвіть формати графічних файлів, що підтримуються пакетом прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox.
6. Які стандартні функції для роботи з цифровими відеозображеннями існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
7. В якій формі зберігаються відеозображення в оперативній пам'яті цифрової ЕОМ при роботі з пакетом програм Image Processing Toolbox?
8. Чому виникає необхідність в застосуванні стиснення відеозображень?
9. Назвіть переваги і недоліки різних методів стиснення цифрових відеозображень.
10. Назвіть основні етапи, з яких складається JPEG-алгоритм стиснення цифрових відеозображень.
11. Який результат застосування дискретного косинусного перетворення (ДКП) до цифрового відеозображення?
12. Як обчислюється пряме і обернене ДКП?
13. Які стандартні функції для обчислення прямого і оберненого ДКП існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
14. Як впливає стиснення відеозображень на їх якість?
15. Чому відеозображення, отримані за допомогою відеокамери, містять шуми?
16. Які типи шумів можуть виникати в електронних схемах?
17. Поясніть принцип фільтрації шумів шляхом усереднення значень яскравості сусідніх точок відеозображення.
18. Як виконується медіанна фільтрація?
19. Чому результат фільтрації не співпадає повністю з початковим відеозображенням?
20. Які стандартні функції для моделювання різних типів шумів на відеозображеннях існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
21. Які стандартні функції для фільтрації відеозображень існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
22. Як впливає фільтрація відеозображень на їх якість?
23. Як на цифровому відеозображенні визначаються координати точок об'єктів?
24. Як на цифровому відеозображенні визначається відстань і інші геометричні ознаки об'єктів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 16

25. Для чого на цифровому відеозображенні виконується операція виділення контурів, які методи для цього існують?
26. Що таке оператори Собеля і Превита?
27. Чому перед виділенням контурів необхідно виконувати фільтрацію шумів на відеозображенні?
28. Які стандартні функції для виділення контурів на відеозображеннях існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
29. Що таке сегментація відеозображення?
30. Назвіть методи визначення порогового значення яскравості?
31. Використання стилей елементів при оформленні електричної схеми у програмі Visio.
32. Назвіть переваги і недоліки різних варіантів введення відеозображень в комп'ютер.
33. Назвіть прикладні області, в яких може ефективно застосовуватися комп'ютерна обробка відеозображень.
34. Направляючі лінії і точки у програмі Visio. Приклади їх використання при оформленні електричної схеми.
35. Які стандартні функції для роботи з цифровими відеозображеннями існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
36. Використання направляючих ліній і точок у програмі Visio.
37. Використання стилей елементів у програмі Visio (на прикладі різних видів ліній).
38. Стислий опис процедури стиснення цифрових відеозображень за JPEG-алгоритмом.
39. Назвіть формати графічних файлів, що підтримуються пакетом прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox.
40. Інтегроване середовище програми Visio 3.0.
41. Який результат застосування ДКП до цифрового відеозображення?
42. Обмін даними між програмою Visio та іншими програмами у середовищі Windows.
43. Виділення, переміщення і копіювання елементів у програмі Visio. Використання груп елементів.
44. Як впливає стиснення відеозображень на їх якість?
45. Назвіть основні етапи, з яких складається JPEG-алгоритм стиснення цифрових відеозображень.
46. Основи роботи з документами, що містять електричні схеми, у програмі Visio. Використання бібліотек елементів і шаблонів схем.
47. Чому відеозображення, отримані за допомогою відеокамери, містять шуми?
48. Введення елементів схеми у програмі Visio. З'єднання елементів.
49. Поясніть принцип фільтрації шумів шляхом усереднення значень яскравості сусідніх точок відеозображення.
50. Установка параметрів сторінки документа для розміщення електричної схеми у програмі Visio.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 17

51. Робота з текстом на електричних схемах у програмі Visio.
52. Які стандартні функції для моделювання різних типів шумів на відеозображеннях існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
53. Друк електричних схем у програмі Visio.
54. Як впливає фільтрація відеозображень на їх якість?
55. Використання бібліотек елементів в програмі Visio. Підключення нових бібліотек користувача.
56. Як на цифровому відеозображенні визначається відстань і інші геометричні ознаки об'єктів?
57. Для чого на цифровому відеозображенні виконується операція виділення контурів, які методи для цього існують?
58. Установка параметрів сторінки документа, що містить електричну схему в програмі Visio.
59. Вибір одиниць вимірювання інтегрованого середовища програми Visio. Установка кроку вимірювальних лінійок і координатної сітки.
60. Які стандартні функції для виділення контурів на відеозображеннях існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?
61. Що таке сегментація відеозображення?
62. Використання стилей елементів у програмі Visio (на прикладі текстових надписів електричної схеми).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 18

4. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

ЗАВДАННЯ № 1

- Існуючі варіанти установки програми Visio 3.0.
- Як виконати запуск програми Visio 3.0?
- З яких основних блоків складається СТЗ?

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.

1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури

1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку

1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення

1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення

1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.

1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.

1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту $alpha$, градусів відносно Ox проти год. стрілки	
1	450	250	120	100	40	ДЕЄ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
1	0	10	0	0,5	0,5	0,8	10	20	10

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 19

ЗАВДАННЯ № 2

1. Призначення основних елементів інтегрованого середовища програми Visio 3.0.
2. Що таке рядок стану?
3. Назвіть переваги і недоліки різних варіантів введення відеозображень в комп'ютер.

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
2	250	250	70	80	0	АБВ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015		Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1		Арк 33 / 20

2	20	20	10	0,6	0,7	1,2	20	30	20
---	----	----	----	-----	-----	-----	----	----	----

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 21

ЗАВДАННЯ № 3

1. Як встановити параметри сторінки документа?
2. Як зберегти документ?
3. Назвіть прикладні області, в яких може ефективно застосовуватися комп'ютерна обробка відеозображень.

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформуванати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
3	300	300	80	100	10	БВГ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
3	30	30	20	0,7	0,9	1,5	30	45	30

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 22

ЗАВДАННЯ № 4

1. Як виконати введення геометричних елементів в схему?
2. Як виконати введення тексту в схему?
3. Поясніть, як застосування цифрової відеокамери впливає на характеристики отриманих відеозображень.

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірне геометричне зображення – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
4	350	400	90	120	20	ВГД

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
4	40	10	0	0,8	1,0	0,8	45	0	40

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідє DSTU ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 23

ЗАВДАННЯ № 5

1. Призначення та використання стандартних бібліотек елементів?
2. Основні правила з'єднання елементів схеми.
3. Назвіть формати графічних файлів, що підтримуються пакетом прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox.

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформуванати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
5	400	500	100	80	30	ГДЕ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
5	0	20	10	0,9	1,2	1,2	40	15	45

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 24

ЗАВДАННЯ № 6

1. Як перемістити елементи схеми?
2. Як змінити розмір елемента схеми?
3. Які стандартні функції для роботи з цифровими відеозображеннями існують в пакеті прикладних програм MatLab/Image Processing Toolbox?

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
6	500	300	70	120	45	ЕСІ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
6	20	30	20	1,1	1,3	1,3	35	5	50

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 25

ЗАВДАННЯ № 7

1. Що називається структурною електричною схемою?
2. Основні вимоги до оформлення структурних схем.
3. В якій формі зберігаються відеозображення в оперативній пам'яті цифрової ЕОМ при роботі з пакетом програм Image Processing Toolbox?

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
7	250	400	80	80	60	Є Ії

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
7	30	10	0	1,2	1,5	1,5	25	40	0

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 26

ЗАВДАННЯ № 8

1. Як в програмі Visio 3.0 виконати введення ліній?
2. Як в програмі Visio 3.0 визначити стиль лінії?
3. Чому виникає необхідність в застосуванні стиснення відеозображень в СТЗ?

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформуванати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
8	300	500	90	100	0	I I I

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
8	40	20	10	1,3	0,5	0,8	0	30	75

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 27

ЗАВДАННЯ № 9

1. Як переміщувати умовне графічне позначення блока на структурній схемі?
2. Як виконати копіювання умовних графічних позначень однотипних елементів схеми?
3. Назвіть переваги і недоліки різних методів стиснення цифрових відеозображень.

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
9	350	250	100	120	10	Ї Й К

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015		Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1		Арк 33 / 28

9	0	30	20	1,4	0,7	1,2	10	20	10
---	---	----	----	-----	-----	-----	----	----	----

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 29

ЗАВДАННЯ № 10

1. Що називається електричною функціональною схемою?
2. Основні вимоги до оформлення електричних функціональних схем.
3. Назвіть основні етапи, з яких складається JPEG-алгоритм стиснення цифрових відеозображень.

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.
 - 1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури
 - 1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку
 - 1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення
 - 1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення
 - 1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.
 - 1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.
 - 1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
10	400	300	120	80	20	ЙКЛ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
10	20	10	0	1,5	0,9	1,5	20	30	20

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідє ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 30

ЗАВДАННЯ № 11

1. Як в програмі Visio 3.0 намалювати прямокутник?
2. Як в програмі Visio 3.0 визначити новий стиль тексту?
3. Який результат застосування ДКП до цифрового відеозображення?

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.

1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури

1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку

1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення

1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення

1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.

1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.

1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
11	450	400	70	100	30	КЛІМ

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
11	30	20	10	0,5	1,0	0,8	30	45	30

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 31

ЗАВДАННЯ № 12

1. Як переміщувати умовні графічні позначення елементів функціональної схеми?
2. Як виконати зміну розмірів умовних графічних позначень елементів?
3. Як обчислюється пряме і обернене ДКП?

ЗАДАЧА

1. Для двовимірного зображення геометричної фігури згідно варіанту завдання дослідити задане геометричне перетворення.

1.1. Сформувати двовимірне зображення заданої геометричної фігури

1.2. Виділити 3 контрольні точки геометричної фігури та визначити їх координати шляхом розрахунку

1.3. Обчислити координати контрольних точок після застосування до сформованого зображення заданого геометричного перетворення

1.4. Визначити матрицю та операцію геометричного перетворення та отримати зображення-результат перетворення

1.5. Визначити на зображенні-результаті перетворення координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.3.

1.6. Виконати зворотнє геометричне перетворення шляхом застосування матриці оберненого перетворення відносно результатів п.1.4.

1.7. Визначити на зображенні, відновленому шляхом зворотнього геометричного перетворення, координати контрольних точок, порівняти їх з результатами п.1.2.

Номер варіанту	Розмір зображення		Двовимірна геометрична фігура – прямокутник			Зображення літер
	ширина N , дискр. точок	висота M , дискр. точок	ширина H , дискр. точок	висота L , дискр. точок	кут повороту α , градусів відносно Ox проти год. стрілки	
12	500	500	80	120	40	ЛМН

Номер варіанту	Параметри геометричного перетворення								
	Зсув, дискр. точок			Масштабування			Кут повороту, градусів проти год. стрілки відносно вказаної осі		
	T_x	T_y	T_z	S_x	S_y	S_z	$Teta_x$	$Teta_y$	$Teta_z$
12	40	30	20	0,6	1,2	1,2	45	0	40

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 32

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна та комп'ютерна графіка : підручник. – 8-е вид. – К. : Каравела, 2018. – 368 с.
2. Пічугін Михайло, Канкін Іван, Воротніков Володимир. Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 346 с.
3. Журавчак Л. М. Програмування комп'ютерної графіки та мультимедійні засоби [Текст] : навчальний посібник / Л. М. Журавчак, О. М. Левченко ; НУ «Львівська політехніка». – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2019. – 276 с.
4. Кормановський, С. І. Інженерна та комп'ютерна графіка: практикум : навчальний посібник / С. І. Кормановський, О. М. Козачко, А. О. Козачко ; ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 163 с.
5. Коцюбинський, В. Ю. Комп'ютерна графіка: навчальний посібник / В. Ю. Коцюбинський, О. Ю. Софіна, Л. М. Мельник ; ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2015.– 152 с.
6. Мельник, О. П. Інженерна та комп'ютерна графіка: навчальний посібник / О. П. Мельник, А. В. Шевченко, М. П. Боцула ; ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 133 с.
7. Тменова, Н. П. Комп'ютерна графіка: навчально–методичний посібник / Н. П. Тменова ; КНУ ім. Т. Шевченка. – Київ : Київський університет, 2017. – 111 с.
8. Козяр М. М. Комп'ютерна графіка. AutoCAD: навчальний посібник / М. М. Козяр, Ю. В. Фещук. – Херсон : Гринь Д.С., 2015. – 304 с.
9. Коваленко Б.Д., Ткачук Р.А., Серпученко В.Г. Інженерна та комп'ютерна графіка : Навч. посібник. – К. : Каравела, 2008. – 512с.
10. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD : навч. посібник. – К. : Каравела, 2013. – 336 с.
11. Райковська Г. О. Нарисна геометрія та інженерна графіка: навч. посібник / Г. О. Райковська. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 292 с.
12. Райковська Г.О. Нарисна геометрія. Практикум : навч. посібник / Г. О. Райковська. – Житомир: ЖДТУ, 2013 – 186 с.
13. Райковська Г.О. Інженерна графіка. Практикум : навч. посібник / Г. О. Райковська, Головня В. Д., Глембоцька Л. Є. – ч. 1. – Житомир : ЖДТУ, 2015. – 250 с.
14. Райковська Г.О. Інженерна графіка. Практикум : навч. посібник / Г. О. Райковська, Головня В. Д., Глембоцька Л. Є. – ч. 2. – Житомир : ЖДТУ, 2017. – 116 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/3/152.00.1Б/ОК15- 2020
	Екземпляр № 1	Арк 33 / 33

Допоміжна література

15. Нарисна геометрія: навч. посібник / [С. А. Антонович, Я. В. Васишин, О. В. Фольта та ін.]; за ред. проф. Є. А. Антоновича. – Львів: Світ, 2004. – 528 с.
16. Інженерна графіка: Довідник / В. М. Богданов, А. П. Верхола, Б. Д. Коваленко та ін.; за ред. А. П. Верхоли. – К.: Техніка, 2001. – 268 с.
17. Верхола А.П., Богданов В.М., Коваленко В.Д., Нігора В.М., Ткачук Р.А. Інженерна графіка: креслення, комп'ютерна графіка : Навчальний посібник. – К. : Каравела, 2006. – 304с.
18. Бакка М.Т., Редчиць В.С., Кальчук С.В. Основи проектування, інженерна та комп'ютерна графіка : навч. посібник. – Ж. : ЖІТІ, 2002. – 371с.
19. Березовський, В. С. Основи комп'ютерної графіки / В. С. Березовський, В. О. Потієнко, І. О. Завадський ; за ред. А. М. Гуржія. – Київ : Вид. група ВНУ, 2009. – 400 с.
20. Веселовська, Г. В. Комп'ютерна графіка: навчальний посібник / Г. В. Веселовська, В. Є. Ходаков, В. М. Веселовський. – Херсон : ОЛДІ-плюс, 2008. – 584 с.
21. Збірник задач з інженерної та комп'ютерної графіки: навч. посіб. / [В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан]; за ред. В. Є. Михайленка. – К.: Вища шк., 2003. – 159 с.
22. Нарисна геометрія: Підручник / В. Є. Михайленко, М. Ф. Євстіфеев, С. М. Ковальов, О. В. Кащенко; за ред. В. Є. Михайленка. – [2-ге вид., перероб.]. – К.: Вища шк., 2004. – 303 с.
23. Райковська Г. О. Нарисна геометрія та інженерна графіка: навч. посібник / Г. О. Райковська. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 292 с.
24. Інженерна графіка: підручник [для студентів вищ. навч. закладів освіти] / В. Є. Михайленко, В. В. Ванін, С. М. Ковальов; за ред. В. Є. Михайленка. – Львів: Піча Ю. В.; К.: «Каравела»; Львів: «Новий Світ-2000», 2002. – 284 с.
25. Інженерна та комп'ютерна графіка: підручник / В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан; за ред. В. Є. Михайленка. – [2-ге вид., перероб.]. – К.: Вища шк., 2001. – 350 с.

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Освітній портал Державного університету «Житомирська політехніка» – <https://learn.ztu.edu.ua/>
2. <https://www.osvita.ua>
3. <https://bookname.com.ua>
4. <https://www.ebooks.com>