

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ**  
**«ІНДУСТРІЯ 4.0» ІМ. П.Н. ПЛАТОНОВА**

**ХІІ МІЖНАРОДНА**  
**НАУКОВО-ПРАКТИЧНА**  
**КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І**  
**АВТОМАТИЗАЦІЯ – 2019**

**INFORMATION TECHNOLOGIES AND**  
**AUTOMATION – 2019**

**Збірник доповідей**

**Частина II**

Одеса,  
17-18 жовтня 2019

# **Секція 2**

## **Наукові напрямки:**

**Сучасні методи і алгоритми управління  
об'єктами хіміко-технологічного типу**

**Автоматичні і автоматизовані системи  
управління технологічними процесами харчової  
та зернопереробної промисловості**

**Автоматизоване управління бізнес-процесами:  
концепції, методи, алгоритми, системи**

**Штучний інтелект і автоматизація  
робототехнічних систем**

**Нове в розвитку інформаційно-керуючих  
технологій: технічна база, програмне  
забезпечення, мережі.**

**Список  
скорочень організацій, представники яких взяли участь у конференції**

Таблиця 1

<b>Скорочення</b>	<b>Повна назва організації</b>	<b>Місто</b>	<b>Країна</b>
BNTU	Belarusian National Technical University	Minsk	Belarus
CAFU	CRIAME of Armed Forces of Ukraine	Kyiv	Ukraine
DMTSAU	Dmutro Motornyi Tavria State Agrotechnological University	Melitopol	Україна
DNU	Vasyl' Stus Donetsk National University	Вінниця	Україна
EKSTU	East Kazakhstan State Technical University D. Serikbayev	Ust-Kamenogorsk	Kazakhstan
IAEI SB RAS	Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences	Novosibirsk	Russia
IRTC IT&S NAS AND MES	International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences (NAS) of Ukraine and Ministry of Education and Science (MES) of Ukraine	Kyiv	Ukraine
KGES	Kharkiv general education school	Kharkov	Україна
LPNUU	Lviv Polytechnic National University	Lviv	Ukraine
NTU "KhPI"	National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"	Kharkov	Україна
NTU «KPI»	National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"	Kyiv	Ukraine
NU «OMA»	Національний університет «Одеська морська академія»	Одеса	Україна
NULESU	National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine	Kyiv	Ukraine
NUOS	NATIONAL UNIVERSITY OF SHIPBUILDIN NAMED BY ADM. MAKAROV	Nikolaev	Ukraine
ONAFТ	Odessa National Academy of Food Technologies	Odessa	Ukraine
ONU	Odessa I.I.Mechnikov National University	Odessa	Ukraine
SSU	Sukhumi State University	Sukhumi	Georgia
VNTU	Vinnitsia National Technical University	Vinnitsia	Ukraine
БНТУ	Белорусский национальный технический университет	Минск	Белоруссия
ВНТУ	Вінницький національний технічний університет	Вінниця	Україна
ДВНЗ «КНУ»	Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»	Кривий Ріг	Україна
ДонНТУ	Донецький національний технічний університет	Покровськ	Україна
ІК НАН України	Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України	Київ	Україна
НТУ «ХПІ»	Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"	Харків	Україна
НТУУ "КПІ"	Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського"	Київ	Україна
НУ «ЛП»	Національний університет «Львівська політехніка»	Львів	Україна
ОДАТРЯ	Одеська державна академія технічного регулювання та якості	Одеса	Україна

## Продовження таблиці 1

<b>Скорочення</b>	<b>Повна назва організації</b>	<b>Місто</b>	<b>Країна</b>
ОНАЗ	Одеська національна Академія зв'язку ім. О.С. Попова	Одеса	Україна
ОНАПТ	Одесская национальная академия пищевых технологий	Одесса	Украина
ОНАХТ	Одеська національна академія піщевих технологій	Одеса	Україна
ОНПУ	Одеський національний політехнічний університет	Одеса	Україна
ОНУ	Одеський національний університет імені І. І. Мечникова	Одеса	Україна
ОТК ОНАХТ	Одеський технічний коледж Одеської національної академії харчових технологій	Одеса	Україна
ПНПУ	Південноукраїнський національний педагогічний університет ім. К.Д. Ушинського	Одеса	Україна
ХНУРЕ	Харківський національний університет радіоелектроніки	Харків	Україна
ХРТК	Харківський радіотехнічний технікум	Харків	Україна
ЦНДІ ОВТ ЗС України	Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України	Київ	Україна
ЮНПУ	Южноукраинский национальный педагогический университет им. К.Д.Ушинского	Одесса	Украина

## ЗМІСТ

<b>DOROHAN O.I., USHKARENKO O.O.</b> THE PRINCIPLES OF USING THE THEORY OF PATTERN NETWORKS FOR DESCRIBING OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS SOFTWARE STRUCTURE ( <i>NUOS, Ukraine</i> ).....	8
<b>ROMASEVYCH Y.O., LOVEIKIN V.S., KRUSHELNYTSKYI V.V.</b> PI-CONTROLLER TUNING OPTIMIZATION ( <i>NULESU, Ukraine</i> ).....	11
<b>BUHERA M.G.</b> SOLUTION OF THE PROJECTING PROBLEM PARAMETERS OF PROTECTIVE EXPLOSIVE DEVICES ( <i>CAFU, Ukraine</i> ).....	13
<b>YANAKOV V.P.</b> INNOVATIONS IN THE DOUGH MIXING INDUSTRY ( <i>DMTSAU, Ukraine</i> ).....	15
<b>РОМАНЮК О.В., КАВКА О.О.</b> ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЛЕЙТНЕРА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК РОЗВ'ЯЗУВАННЯ АЛГОРИТМІЧНИХ ЗАДАЧ В ПРОГРАМНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ).....	18
<b>БАБИЧ М.І., КАЦУБА Я.О.</b> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ КЛІЄНТІВ У ЗАКЛАДАХ ХАРЧУВАННЯ ( <i>ОНПУ, Україна</i> ).....	20
<b>РИХЛИК Д.Ю., КОВАЛЕВСЬКИЙ В.М.</b> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ СУПЕРФОСФАТНОГО ДОБРИВА ( <i>НТУУ "КПІ", Україна</i> ) ...	23
<b>КИРЬЯЗОВ И.Н., ШЕСТОПАЛОВ С.В., СТЕПАНОВ М.Т., ХОБИН В.А.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТИРОВАНИЯ АСОЗ ПТЛ НА МОРСКОМ ЗЕРНОВОМ ТЕРМИНАЛЕ КОМПАНИИ «НОВОТЕХ-ТЕРМИНАЛ» В Г. ОДЕССЕ ( <i>SE Group International, ОНАПТ, Украина</i> ).....	26
<b>КАРАСЬОВА І.О.</b> МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЛЯНКИ ДОЗУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЕТОНУ ( <i>ОНАЗ, Україна</i> ).....	28
<b>ORLOVSKYI D.L., KOPP A.M., KONDRATIEV V.Y.</b> USING DASHBOARDS FOR THE BUSINESS PROCESSES STATUS ANALYSIS ( <i>NTU "KhPI", Ukraine</i> ).....	31
<b>ІВАНОВА Л.В., КРАСНІЄНКО Н.В., СУЛІМА Ю.Є.</b> ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА СОНЯЧНІЙ ЕНЕРГІЇ ( <i>ОТК ОНАХТ, Україна</i> ).....	34
<b>МУРАТОВ В.Г.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ВИНОДЕЛИЯ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ).....	37
<b>БАБИЧ М.І., БІЛОШИЦЬКИЙ В.В.</b> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬНОЇ ЛОГІСТИКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ( <i>ОНПУ, Україна</i> ).....	40
<b>ФЕДЮК О.П., КРИЖАНОВСЬКИЙ Є.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ ДАНИХ ДЛЯ РОЗРОБКИ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ).....	43
<b>ГУРСЬКИЙ О.О., ГОНЧАРЕНКО О.Є.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРОДУКТІВ НА БАЗІ ЛАБОРАТОРНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З ТУНЕЛЬНОЮ КАМЕРОЮ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ).....	46
<b>СКАКОВСЬКИЙ Ю.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ВАКУУМ-АПАРАТОМ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА З МЕТОЮ ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ).....	48
<b>БУРДЕЙНА О.В.</b> ТЕХНОЛОГІЯ КОГНІТИВНОГО КОНСОНАНСУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЦІЛЬОВОЮ ВЕРШИНОЮ ЗА НАЯВНОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ У СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ).....	51
<b>КОВАЛЬЧУК Д.А., МАЗУР О.В., ГУЦАН В.В.</b> АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ УТІЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ПАРОВОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ).....	53
<b>KOPP A.M., ORLOVSKYI D.L.</b> BUSINESS PROCESS MODEL OPTIMIZATION USING THE CONJUGATE GRADIENT METHOD ( <i>NTU "KhPI", Ukraine</i> ).....	57
<b>ЛЮБИВИЙ Б.О., РОМАНЮК О.В.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ПОВЕДІНКОЮ ВОРОГІВ У СУЧАСНИХ СТРАТЕГІЧНИХ ІГРАХ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ).....	60
<b>КОРАБЛЕВ В.А., МАЗУРОК Т.І.</b> ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	63

ПОВЕДЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ( <i>ЮНПУ, Україна</i> ) .....	
САКАЛЮК О.Ю., ТРИШИН Ф.А. ФУНКЦІОНАЛЬНА ТА СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ФОРМУВАННЯ РОЗКЛАДУ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ) .....	66
КУРЛЕСЬ Ю.В. АЛГОРИТМИ ВИЯВЛЕННЯ ТЕКСТУ НА ВІДЕО ( <i>ОНПУ, Україна</i> ) ...	69
РОМАНЮК О.Н., ЧАН А.-Л. В., ПАНФІЛОВА Ю.О. ВИКОРИСТАННЯ ВІДБИВНИХ ВЛАСТИВОТЕЙ ШКІРИ ЛЮДИНИ ПРИ КОМП'ЮТЕРНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ЗАХВОРЮВАНЬ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ) .....	71
КОТЛЮК S.V., SOKOLOVA O.P., KUPRIYANOV A.B. REVIEW OF THE APPLICATION OF MODERN OF 3D-PRINTERS ( <i>ОНАФТ, Ukraine, ВНТУ, Belarus</i> ) .....	75
О.Д.АЗАРОВ, О.І.ЧЕРНЯК, В.В.ЗАЛІЗЕЦЬКИЙ АДАПТИВНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ДИСТАНЦІЙНО-РОЗПОДІЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ З МОЖЛИВІСТЮ САМООРГАНІЗАЦІЇ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ) .....	79
КОТОВ І.А. ФАЗИФІКАЦІЯ ПОДАННЯ ОНТОЛОГІЇ СЕМАНТИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЯК КОМПОНЕНТА ІНКОРПОРАЦІЇ ЗНАНЬ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ( <i>ДВНЗ «КНУ», Україна</i> ) .....	82
КИРИЧЕНКО В.І., ВОЛКОВ В.Е. ПРОБЛЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДОКУМЕНТООБІГОМ У ВНЗ ( <i>ОНАХТ, ОНУ, Україна</i> ) .....	85
ЛОБОДА Ю.Г. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ СУПРОВІД ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ) ...	87
IGOR MAZUROK, YEVHEN LEONCHUK, SERHI ORLOV. THE CRYPTOGRAPHIC PROOF-OF-REPLICATION PROTOCOL FOR DISTRIBUTED FILE STORAGE ( <i>ОНУ, Ukraine</i> ) .....	89
МАЛЮНОВ Н.В., ОРЕКНОВ S.V. METHOD OF SEARCH ENGINE OPTIMIZATION BASED ON SEMANTIC NETS ( <i>NTU «KPI», Ukraine</i> ) .....	92
ВОЛКОВ В.Э., МАКОЕД Н.А. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ВОПРОСАМ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ И УПРАВЛЕНИЕ ВЗРЫВООПАСНЫМИ ОБЪЕКТАМИ КАК СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ ( <i>ОНУ, ОНАПТ, Украина</i> ) .....	93
ПАВЛОВИЧ Р.І. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ) .....	94
PROTSENKO YAROSLAV, PARAMONOV ANTON. AGENT COMMUNICATION METHOD IN COOPERATIVE ENVIRONMENT BASED ON THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ( <i>DNU, Ukraine</i> ) .....	97
РОМАСЕВУСН Y.O., LOVEIKIN V.S., LIASHKO A.P. DEVELOPMENT A GENERAL CRITERION FOR PID-CONTROLLER TUNING ( <i>NULESU, Ukraine</i> ) .....	99
О. МІШЧУК. NEURAL NETWORK METHOD OF FORECASTING THE AIR POLLUTION TREND BY CARBON MONOXIDE ( <i>LPNUU, Ukraine</i> ) .....	101
ВОЛКОВ В.Э., КОВАЛЕНКО А.В. ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ДЕТОНАЦИОННООПАСНОГО ОБЪЕКТА ( <i>ОНУ, ОНАПТ, Украина</i> )	103
ГОТЬ М.Б., ЯКОВИНА В.С., КОРОТЄЄВА Т.О. СИСТЕМА ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ЕКСКУРСІЙНОГО МАРШРУТУ ( <i>НУ «ЛП», Україна</i> ) .....	106
ФЕДОРОНЧУК Б.В. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ В ВЕБ-ЗАСТОСУВАННЯХ ( <i>ОНПУ, Україна</i> ) .....	110
РОМАНЮК О.В., ЛАПКО М.С. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ АНАЛІТИЧНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ФОРУМНИХ РОЛЬОВИХ ІГОР ( <i>ВНТУ, Україна</i> ) .....	113
ІВАНОВСЬКА К.А. ВИКОРИСТАННЯ «FACE ID» ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ .....	116
ВОЛКОВ В.Э., САВУШКИНА О.А. ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТОПОЧНОГО ГОРЕНИЯ ( <i>ОНУ, ОНАПТ, Украина</i> ) .....	117
ГУРСЬКИЙ О.О., ДУБНА С.М. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАСТРОЮВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ КООРДИНУВАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ) .....	118
ЧЕРНОВОЛИК Г.О., КОВАЛЬ С.С. СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ГОЛОСУВАННЯ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ) .....	120
САКАЛЮК О.Ю., ОЛЬШЕВСЬКА О.В. ПРОБЛЕМИ ТРАНСЛІТЕРАЦІЇ НАУКОВОГО	122

КОНТЕНТУ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ ( <i>ОНАХТ, Україна</i> ) .....	
<b>КОМАРОВ В.О.</b> О ДОЦІЛЬНОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ( <i>ЦНДІ ОБТ ЗС України</i> ) .....	124
<b>К.В.Мельник<sup>1</sup>, N.V.Borysova<sup>1</sup>, V.I.Melnyk.<sup>2</sup></b> AUTOMATION OF employee evaluation in educational institution (1 - NTU “KhPI”, <i>Ukraine</i> , 2 - KGES № 145 <i>Ukraine</i> ) .....	126
<b>КОВБАСЮК О.В., КОВАЛЕНКО О.О.</b> ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОЛОРИСТИЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ( <i>ВНТУ, Україна</i> ) .....	129

РОМАНЮК О. Н., ЧАН А. Л. В., ПАНФІЛОВА Ю. О.  
Вінницький національний технічний університет (Україна)

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДБИВНИХ ВЛАСТИВОТЕЙ ШКІРИ ЛЮДИНИ ПРИ КОМП'ЮТЕРНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ЗАХВОРЮВАНЬ

*Проаналізовано основні властивості шкіри відбивати та поглинати світлові частки, за рахунок чого реалізовується спектральне виявлення патологій в оптичній діагностиці.*

Сьогодні комп'ютерні технології широко використовуються для діагностування різних хвороб. При цьому високу інформативність має шкіра людини, оскільки характеризується великою площею, колірними особливостями та широким спектром біологічних даних, які містять інформацію про стан усього організму.

Діагностика здоров'я людини з використанням оптичних методів набуває широкого застосування в різних галузях: онкології, хірургії, дерматології, офтальмології та ін. Інформація про колір біотканин, який визначається їх структурою, біохімічним складом, використовується в багатьох діагностичних приладах у медицині для аналізу вмісту різних пігментів тканини, таких як меланін, гемоглобін, а також води та інших складових, їх структури та патологічних змін [1]. Особливо важливим у сфері діагностики онкологічних захворювань є виявлення первинних, найменших колірних змін шкіри чи слизової оболонки. В дерматології інформація про колір шкіри часто використовується для кількісної характеристики пігментних порушень і призначення ефективного курсу лікування. Сукупність методів діагностики стану здоров'я людини за кольором її шкіри шляхом використання оптичних методів відкриває широкий спектр можливостей у ранньому виявленні небезпечних недуг завдяки тому, що в структурі шкіри зберігаються усі оптичні закони. Однак на сьогоднішній день оптичні методи діагностики залишаються недостатньо вивченими, потребують досліджень [2].

Шкіра людини має неоднорідну структуру. Це багат шарове середовище, що містить велику кількість різноманітних включень, таких як, наприклад, кровоносні судини, жирові залози. Водночас при оцінці відбиття світла від шкіри враховуються такі фактори, як ступінь пігментації, зморшкуватість шкіри, наявність вологи та жиру (тобто, стать, раса, вік шкіри). Поглинання світла біотканинами зумовлене наявністю в них води, яка є однією з основних її складових, а також меланіном, основним пігментом шкіри. Зі збільшенням кількості меланіну та зі зменшенням довжини хвилі зростає і поглинання світла. При цьому коефіцієнт відбивання світла від шкіри коливається від 10 до 55% [3].

Під час обчислень важливою є величина оптичної густини шкіри, яка визначається за формулою:

$$OD = \mu_a \cdot h_e$$

де  $\mu_a$  – коефіцієнт поглинання меланіну,  $h_e$  – товщина шару епідермісу.

Серед методів оптичної діагностики тканин людини найбільш простими та ефективними є методи дифузійної відбивної спектрофотометрії, засновані на вимірах спектра світла, відбитого від тканини при наявності бази між освітлюваною і приймальною площадками на її поверхні. Виявлені оптичні сигнали несуть важливу інформацію про біофізичні параметри (БФП) тканини, що впливають на світлове поле в середовищі, – коефіцієнт розсіювання, діаметр капілярів, концентрацію основних хромофорів тканини [4]. Проходження світла через шкіру людини схематично відображено на рисунку 1.

Вплив на розсіювальну здатність шкіри зумовлений з такими біологічними факторами, як старіння та гідратація. Роговий шар у силу малої оптичної товщини грає вкрай незначну роль у дифузному віддзеркаленні світла, тому він умовно включений до складу епідермісу.



Більш глибокі шари шкіри (жировий шар і м'язова тканина) практично не беруть участь у процесі відбиття світла через його сильного ослаблення розташованими вище шарами. Анатомічні області дерми не мають ні чітких фізичних кордонів, ні принципових морфологічних відмінностей, тому всі вони замінені одним однорідним шаром.

Дистрибутивна функція відбивної здатності поверхні розподілу (BRDF) використовується для опису взаємодії світла з поверхнями та показує розподіл відбитого світла, оскільки напрямок падаючого освітлення змінюється залежно від орієнтації поверхні. BRDF описує, як поверхня відбиває світло при освітленні з різних напрямків. У своєму найпростішому вигляді BRDF описується за допомогою 5 змінних: падіння та напрямку відбитого світла, визначений у кутах нахилу та азимуту та термін довжини хвилі.

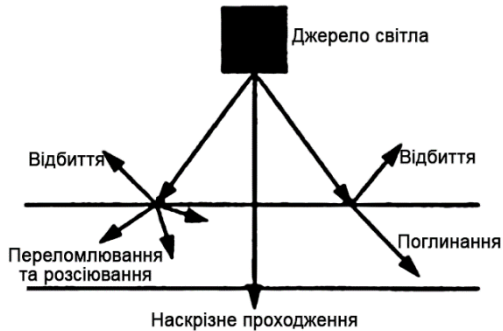


Рисунок 1. – Проходження світла через шкіру

Коли промінь світла потрапить на поверхню шкіри, він буде або дзеркально відбиватися поверхнею епідермісу, або заломлюватися та передаватися у шкіру. Поверхнєве дзеркальне відбиття становить приблизно 5% падаючого світла, яке регулюється рівняннями Френеля [5].

Кількість дзеркального відбиття змінюється залежно від кількості шкірного сала і не залежить від довжини хвилі. Коефіцієнти відбиття Френеля ( $F$ ) для показника заломлення  $n = 1.43$  показано на рисунку 2.

Правильність вимірювань і величини відбитого та поглинутого світла залежать від кута падіння променя, який освітлює ділянку шкіри. На рисунку 3 показано приклад устаткування для реалізації правильного освітлення шкіри при її оптичному аналізі.

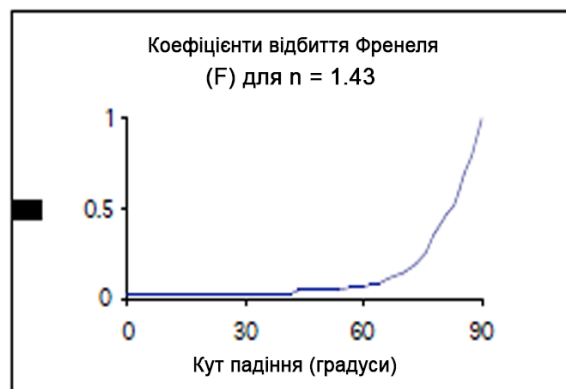


Рисунок 2. – Коефіцієнти відбиття

У середньому, приблизно 5-7% світла, що падає (по всьому спектру) на зроговілий шар, відбивається назад у навколишнє середовище. Інше світло, що залишається, потрапляє до тканин, де воно ослаблене всмоктуванням і розсіюванням.

Окрім рефлекторно заломлюючого розсіювання, що виникає внаслідок відбиття та заломлення світла на клітинних стінках, у внутрішніх шарах під поверхнею шкіри людини відбувається ще два типи розсіювання – Релеївське та Мі (аерозольне). Перше пов'язане із вирівнюванням елементів у молекулах шкірних клітин. Аерозольне розсіювання викликане частинками, приблизно такого ж розміру, як довжина хвилі світла (органели клітин, включення міжклітинної речовини тощо). Розсіяні фотони поширюються у довільних напрямках. Ці фотони сприяють дифузному розподілу світла у тканині, який виходить за межі колімованого падаючого променя. Внутрішнє відбиття відбувається, коли при зворотному розбитті фотони досягають кордону тканина-повітря під кутом, більшим від критичного кута відбиття.



**Джерело  
освітлення  
шкіри**

**Сенсор для  
вимірювання  
відбитого світла**

*Рисунок 3. – Пристрої освітлення та  
вимірювання  
відбиття шкіри*

Процеси розсіювання тим ширші, чим коротші довжини хвиль. У дермі циліндричні колагенові речовини діаметром приблизно 2,8 мкм відповідають за аерозольне розсіювання, тоді як менші за масштабом колагенові виробники та інші мікроструктури відповідають за Релеївське розсіювання. Світло багаторазово розсіюється всередині дерми, перш ніж воно або поширюється на інший шар, або поглинається. Це означає, що просторове розподілення світла, розсіяного всередині дерми, швидко стає дифузним. Фактично, заднє розсіяне світло від дерми є дифузним.

Водночас аерозольне розсіювання створює зміни на обох кінцях видимої ділянки спектра світла, розсіювання Релея, обернено пропорційне довжині хвилі світла ( $\approx \lambda^{-4}$ ), створює більші зміни у нижньому кінці спектру світла. Світло відбивається від зроговілої поверхні, а внутрішні шари дерми більше поглинають світло. За спектром поглинутих і відбитих часток і проводиться діагностика на наявність різних дефектів і патологій.

Одним з підходів неінвазивної оптичної діагностики таких хвороб, як рак шкіри, є спектроскопія комбінаційного розсіювання. Комбінаційне розсіювання (КР) відстежує зміну довжини хвилі падаючого світла після обміну енергією кванта світла з розсіюючими молекулами. Принцип КР для дослідження раку заснований на тому, що розвиток пухлини супроводжується хімічними і структурними змінами тканин шкіри на молекулярному рівні. Ці зміни відображаються в спектрах КР, які є унікальними для кожного молекулярного з'єднання. Порівняння спектрів КР нормальної шкіри, а також різних типів пухлин показало можливість їх диференціальної діагностики. Крім КР розсіяне світло у ближній інфрачервоній області після взаємодії з тканинами шкіри містить автофлуоресцентний (АФ) сигнал, характер якого також залежить від біохімічного складу досліджуваної біотканини. Автофлуоресценція є перевипромінювання світла ендегенними флуорофорами (нуклеїнові кислоти, порфірини, білки, ліпіди) [6].

Основними проблемами, пов'язані з надійністю виявлення кольору шкіри є:

- залежність щодо кольору освітленості;
- він різниться між окремими особами;
- багато предметів побуту мають колір шкіри, тобто він не є унікальним [7].

Для того, щоб відстежувати ділянки шкіри за допомогою зміни умов освітлення та відрізнити їх від інших кольорів шкіри, пропонується унімодальний метод Гаусса моделювання розподілу кольору шкіри. Параметри Гаусса можна вибірково моделювати для довільного освітлення, використовуючи підхід, заснований на фізиці. Досліджуються характеристики відносної шкіри у ближньому інфрачервоному (NIR) спектрі. Пропонується комбінація стандартних смуг RGB з трьома вузькими смугами NIR для надійного виявлення шкіри при зміні освітленості та відмежування її від інших об'єктів, що нагадують колір шкіри [8].

За останні 30 років було представлено багато підходів до моделювання оптики шкіри та її відношення, особливо мотивовані біомедичними програмами. Найбільш поширені біомедичні підходи до імітації поширення світла у шкірі, засновані на моделях Бера-Ламберта, Кубелка-Мунка, Монте-Карло та радіаційно-транспортній [7].

Виходячи з наведеного, можна зробити висновок, що розрахунок спектра відбиття шкірної тканини потрібно здійснювати в рамках моделі, яка описує шкіру у вигляді двошарового середовища (епідерміс і дерма) з однаковими параметрами світлорозсіювання і різними коефіцієнтами поглинання шарів. При комп'ютерній діагностиці широко використовується відбивні особливості шкіри, аналізу, чому й присвячена тема статті.

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

- [1] С. О. Романюк, “Діагностичні ознаки для морфологічного аналізу зображень обличчя людини для проведення пластичних і реконструктивних операцій”, на *Міжнарод. наук.-техн. конф. Комп'ютерна графіка та розпізнавання зображень*, Вінниця, 2018, с. 211–215.
- [2] О. Романюк, та С. В. Павлов, “Використання тривимірної графіки в медицині”, на *Міжнарод. наук.-практич. конф. Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи*, м. Вінниця, 2015, с. 54-56.
- [3] С. І. Вяткін, О. Н. Романюк, М. Л. Нечипорук, “Обработка медичних даних при об'ємній візуалізації”, *Матеріали міжнародного наукового симпозиуму Big Data Analytics «Моделювання та інформаційні технології»*, 2019, с. 49-52.
- [4] Е. А. Левитская, “Способ бесконтактного обнаружения лица субъекта в реальном времени”, *Безопасность информационного пространства: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*, Екатеринбург, 2-4 декабря 2013 г. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – С.25-29.
- [5] Ling Li, Carmen So-ling Ng, “A Physically-based Human Skin Reflection Model”, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> WSEAS International Conference on AUTOMATION & INFORMATION*, 2009.
- [6] Ю. А. Христофорова, И. А. Братченко, Д. Н. Артемьев, О. О. Мякинин, А. А. Морятов, О. И. Каганов, С. В. Козлов, В. П. Захаров, “Оптическая диагностика злокачественных и доброкачественных новообразований кожи”, *Сборник трудов III международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2017) - Самара: Новая техника, 2017. - С. 265-268.*
- [7] Moritz Störring, “Computer Vision and Human Skin Colour”, Ph.D. dissertation, Computer Vision & Media Technology Laboratory, Faculty of Engineering and Science, Aalborg University, Denmark, August 2004.
- [8] О. Н. Романюк, та А. В. Чорний, “Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів”, м. Вінниця, Україна: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006.