

АНОТАЦІЯ

Гулько Д. Т. Розроблення нормованого растрового перетворення. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі видавництва і поліграфії зі спеціальності 186-Видавництво та поліграфія: Українська академія друкарства, Львів, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання розроблення коригування і компенсації різних технологічних впливів на процес растрування на основі моделі нормованого растрового перетворення, що підвищить його ефективність і якість відбитків.

У першому розділі «Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку технологій процесу растрування» наведено аналіз літературних джерел, які стосуються стану проблеми і перспектив розвитку растрування, існуючі моделі растрового перетворення, які значною мірою відстають від теорії цифрової обробки і перетворення зображень у інших галузях. З'ясовано, що в існуючих методах коригування растрового перетворення параметри коригувальних ланок визначають для заданої лініатури, а при її зміні необхідно заново визначати параметри коригувальної ланки, що є недоліком. Новітні способи растрування забезпечують кращу якість друкованих зображень, у тому числі кольорових. Основною проблемою є жорсткі вимоги до стандартизації та нормалізації процесів, матеріалів, устаткування, друкарських машин, що є однією із основних перепон широкого впровадження нових способів растрування не тільки в Україні, але і на Заході. Парк офсетних друкарських машин в Україні здебільшого складається із застарілих машин, а нові переважно не обладнані системами автоматичного зонального налагодження фарбових апаратів на заданий наклад, що взагалі унеможливорює використання новітніх способів растрування, отже, задача розвитку і

розроблення технології процесу растровання на основі нормованого растрового перетворення є актуальним завданням в галузі поліграфічної технології. У кінці розділу визначено напрями і завдання досліджень.

У другому розділі «Розроблення нормованого растрового перетворення» для узагальнення аналізу і синтезу растрового перетворення розроблено модель нормованого растрового перетворення у вигляді двомісної функції з областю визначення – одиничним растровим квадратом і множиною значень відносних площ – замкнутим одиничним інтервалом $[0 \leq S_H \leq 1]$, що підвищує ефективність аналізу і синтезу тонопередачі. Розроблені функції нормованого растрового перетворення для елементів квадратної, круглої і ромбічної форми, побудовані структурні схеми моделей в пакеті Matlab: Simulink, які є засобами моделювання, розрахунку і візуалізації для різних технологічних збурень і впливів. Подані результати моделювання у вигляді характеристик нормованого растрового перетворення, які є нелінійними кривими, вигляд яких залежить від форми растрового елемента, що викликають різні спотворення зображень, що вимагає різноманітного коригування.

Прийнявши геометричні розміри растрового елемента за аргумент, запишемо функцію градаційного перетворення для нормованого растрового перетворення: $S_H = F(X_H, D)$, якщо $0 \leq X_H \leq 1$, $0 \leq D \leq D_M$ – оптична густина зображення, яка залежить від форми растрового елемента. Визначена функція градаційного перетворення для елемента квадратної форми для одиничного інтервалу $S_H = X_H^2$, якщо $0 \leq X_H \leq 1$, відповідає оптичній густині, яка є математичною моделлю нормованого растрового перетворення. Відповідно до засад моделювання в пакеті Matlab: Simulink розроблена структурна схема моделі із функціональних блоків Simulink з основним блоком математичних функцій $F_{сп}$ у діалоговому вікні якого записана програма ($S_H = X_H^2$) для обчислення площі растрового елемента. Результати обчислень візуалізуються

блоками Score і Display. Шляхом імітаційного моделювання обчислення і побудовано характеристику нормованого растрового перетворення, яка є нелінійною квадратичною кривою, що викликає спотворення зображення. Для кількісної оцінки властивостей нормованого растрового перетворення запропоновано визначати відхилення характеристики від лінійної $E=[S_H S_L]100\%$, де S_L – лінійна характеристика. Графік відхилення характеристики растрування від лінійної є U-подібною кривою. При збільшенні геометричних розмірів відхилення поступово збільшується, досягає максимального від’ємного значення -25% , поступово зменшується і прямує до нуля. Оскільки відносна площа растрового елемента відповідає оптичній густині зображення, то на середніх розмірах елемента виникає розсвітлення середніх тонів зображення порівняно з оригіналом. Отже, растрове перетворення викликає спотворення тонопередачі, тому його необхідно коригувати.

Більшість державних стандартів, нормативів, контрольних шкал базуються на растрових елементах круглої форми. Щоб узагальнити аналіз розроблено математичну модель нормованого растрового перетворення, яка складена для першого інтервалу $S1_H = \pi X_H^2$, якщо $0 \leq X_H \leq 0.5$, де X_H – нормована змінна (радіус), $0,5$ – половина сторони одиничного квадрата. При подальшому збільшенні радіуса растрового елемента він втрачає форму кола, його поверхня обмежується одиничним квадратом і описується складним виразом, який не приводимо. В пакеті Matlab: Simulink розроблена структурна схема моделі нормованого растрового перетворення для елемента круглої форми. Результати імітаційного моделювання у вигляді S-подібної характеристики, яка на початку діапазону розміщується нижче лінійної, пересікає лінійну і на другому діапазоні розміщується вище, а в кінці діапазону прямує до одиниці. На початку діапазону графік відхилення від лінійної є

від'ємний, поступово збільшується, досягає мінімального значення -15,9%, переходить через 0, поступово збільшується, досягає максимуму +11,2% і в кінці інтервалу прямує до нуля. Нелінійність характеристики нормованого растрового перетворення викликає спотворення тонопередачі, а саме, світлі тони розсвітлюються, а сірі притемнюються. Отже, растрове перетворення для елементів круглої форми необхідно коригувати.

Розроблено математичну модель нормованого растрування для елемента ромбічної форми, розміщеного в центрі комірки растрової решітки, яка для першого інтервалу $S1_H = 4X_{H1}^2$, якщо $0 \leq X_{H1} \leq L_0 = 0.3538$ – чверть діагоналі растрового квадрата. При подальшому збільшенні геометричних розмірів ромбічного елемента поверхня ромба поступово обмежується растровим квадратом, внаслідок чого спотворюється його форма, яка стає восьмикутником, а площа визначається інтегральним виразом, який не приводимо. В пакеті Matlab: Simulink розроблена структурна схема моделі нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми. Результати імітаційного моделювання у вигляді похиленої S-подібної симетричної характеристики, яка на початку діапазону розміщується нижче лінійної, пересікає лінійну, а на другому діапазоні розміщується вище. Графік відхилення характеристики нормованого перетворення є синусоподібною кривою із максимальним відхиленням $\pm 12,5\%$. Отже, за відхиленням від лінійної характеристики растрування ромбічного елемента є краще круглого і квадратного, що є перевагою.

Розроблено модель нормованого розтискування, як одного з найбільших впливів на спотворення розмірів растрового елемента у процесі репродукування – збільшення площі (розмірів) растрового елемента на відбитку, який залежить від режиму формних процесів, матеріалів і режиму друкування. Розтиск визначається як різниця між реальною (вимірною

денситометром) і номінальною площею растрових полів за спеціальною шкалою, який в офсеті залежить від паперу і знаходиться в межах від 10 до 30%, яка подана синусоїдальною функцією $R_Z = S_r \sin \omega_H X_H$, якщо $0 \leq X_H \leq 1$, де S_r – амплітудне значення розтиску растра на полі 50%, а частота $\omega_H = \pi = 3.141592653$. Розраховано і побудовано криві нормованого розтискування для амплітудних значень 0,2; 0,15; 0,1; 0,05. Найбільше розтискування є на середніх тонах, найменше – на світлих і сірих тонах, які необхідно враховувати при коригуванні. Розроблено структурну схему моделі лінійного нормованого растрового перетворення з врахуванням впливу розтискування. Подано результати імітаційного моделювання для різних амплітудних значень розтиску. Встановлено, що збільшення заданих значень розтиску з 0,05 до 0,2 характеристики растрування розташовані над лінійною і стали більш опуклими кривими. Найбільший приріс площі становить 0,18, і є на середніх тонах, найменший – на світлих і сірих тонах, що необхідно враховувати при коригуванні.

Третій розділ «Аналіз растрування різної лініатури на основі нормованого растрового перетворення». Існуючі традиційні моделі растрового перетворення дозволяють розраховувати і будувати характеристики растрування для заданої форми растрового елемента заданої лініатури. При зміні форми і лініатури необхідно заново писати і налагоджувати комп'ютерну програму, здійснювати аналіз і визначати параметри коригувальної ланки, що є недоліком. Ще складнішою проблемою є оптимізація параметрів растрування і параметрів коригувальної ланки та компенсації розтискування. Розв'язання тих чи інших завдань значно спрощуються застосовуючи нормоване перетворення, яке при масштабуванні не змінює форми характеристики растрування. Розглянемо цю задачу у загальному плані. Спочатку необхідно нормалізувати геометричний розмір растрового елемента

шляхом підстановки $X_H = NX$, де NX – геометричний розмір елемента. Коефіцієнт масштабування N залежить від лініатури растру. Якщо задати лініатуру L лін/см, а розмір X в мікронах, то масштаб $N = L/1000$. Необхідний розмір растрової комірки (квадрата) $a_H = 10000/L$ мкм. Тоді у загальному плані денормоване растрове перетворення виражатиметься функцією традиційного перетворення $S=F(X, D)M$, якщо $0 \leq X \leq X_M$. Залежно від задачі дослідження растрове перетворення може визначатись у відносних одиницях площі [$0 \leq S \leq 1$], яку легко перерахувати у відсотках, прийнявши $M = 100$, [$0 \leq S \leq 100$]%, або в абсолютних одиницях [$0 \leq S_0 \leq S_{AM}$] кв мкм, а масштаб $M = a_K^2$ при зміні лініатури необхідно задати тільки значення лініатури, а комп'ютерна програма для розрахунку характеристики растрування залишиться незмінною, що зручно для практичних застосувань.

Якщо відома модель нормованого розтиску растрового елемента у вигляді синусоподібної функції, тоді аналогічно до попереднього здійснимо її денормалізацію шляхом підстановки $\omega = \omega_H/L$ одержимо $R_Z = S_r \sin \omega$. На основі цього виразу розраховують і будують денормовані криві розтискування для заданої лініатури і різних значень амплітуди розтиску.

На основі нормованого растрового перетворення визначили денормоване растрове перетворення для заданої лініатури елемента квадратної форми $S = X_H^2 M$, якщо $0 \leq X_H \leq 1$ та $0 \leq X \leq X_M$, де $X_M = A_K$ – розмір растрової комірки. В пакеті Matlab: Simulink розроблена структурна схема моделі растрового перетворення заданої лініатури для елементів квадратної форми. У блоці Constant задається необхідна лініатура растру, визначається масштаб N , а блок математичних функцій відповідно до програми розраховує характеристику растрування у відносних одиницях, яка за допомогою коефіцієнта масштабу M перераховується у відсотках чи абсолютних одиницях. Результати обчислень візуалізуються. Розроблена структурна схема

симулятора, який паралельно розраховує і будує 4 характеристики різної лініатури. Для прикладу задали лініатуру $L = 30; 40; 60; 80$ лін/см і налагодили симулятор на розрахунок характеристик у відсотках і в абсолютних одиницях. Побудували характеристики растрівання у відсотках, які є нелінійними квадратичними кривими. Зменшення лініатури викликає розтяг і зміщення характеристики праворуч. Результати імітаційного моделювання зведені у таблиці.

На основі нормованого растрового перетворення визначили денормоване растрове перетворення для заданої лініатури елементів круглої форми. Для цього визначили масштаби денормалізації окремих діапазонів для заданої лініатури $N1 = 20000/1,44Li$; $N2 = 10000/Li$. Залежно від мети дослідження характеристику растрівання можна побудувати у різних одиницях вимірювання $S = MS_H$. Якщо задати масштаб $M = 1$, характеристика растрівання буде у відносних одиницях, задавши $M = 100$, одержимо характеристику у відсотках. Для абсолютних одиниць коефіцієнт масштабу $M = (10000/L)^2$ кв. мкм. На основі схеми моделі нормованого растрового перетворення і масштабів розроблена структурна схема моделі растрового перетворення заданих лініатур для елементів круглої форми. У блоці Constant задається необхідна лініатура растра, визначається масштаб N . У блоках математичних функцій розраховуються характеристики растрівання у безрозмірній формі. Для побудови характеристики у відсотках чи абсолютних значеннях задають потрібні значення масштабу M .

Лініатура растра значно впливає на величину площі растрового елемента в процесі растрівання, яка є носієм інформації при відтворенні зображення. тому для їх порівняння необхідні характеристики растрівання різної лініатури. Для їх побудови замаскували схему моделі у блоках Sybssystem і шляхом паралельного агрегування розробили симулятор для розрахунку і

побудови сімейства характеристик для растрових елементів круглої форми різної лініатури. Для прикладу задали лініатуру 30;40;60;80 лін/см. Визначили числові значення виділених геометричних розмірів $N_i = 10000/1,41L_i$, $i = 1;2;3;4$ і задали їх у блоках Constant і масштаби M_i . Подані результати імітаційного моделювання характеристик денормованого растрування у відсотках, які є S-подібними кривими, при зменшенні лініатури характеристики розширюються і стають більш пологими. Порівнюючи характеристики в абсолютних одиницях і у відносних, робимо висновок, що ці характеристики різні. У таблиці зведені результати процесу растрування. Встановлено, що відхилення характеристики від лінійної не залежить від лініатури і становить -15,9 та +11,2%. Порівнюючи максимальні відхилення характеристик растрування від лінійної встановили, що для елемента квадратної форми відхилення становить -25%, а для круглої -15%. Отже, за лінійністю характеристики растрування відхилення елемента круглої форми є краще ніж квадратної.

Аналогічно до попереднього розроблено симулятор для розрахунку і побудови сімейства денормованих характеристик для растрових елементів ромбічної форми різної лініатури. Подані результати характеристик денормованого растрування для ромбічних елементів різної лініатури, які є симетричними S-подібними кривими. Графіки відхилення від лінійної є симетричними синусоподібними кривими із максимальним значенням амплітуд -12,4 та +12,4%. Лініатура растра значно впливає на період відхилення, внаслідок чого спотворення зображення залежить від лініатури. За лінійністю характеристики растрування відхилення для елементів ромбічної форми є меншим ніж для квадратної і круглої.

Визначили денормалізований розтиск для заданої лініатури $R_z = S_r \sin \omega$, де денормована частота $\omega = 3,14/L$. Розроблено симулятор розтиску для різної

лініатури. Блоки SineWave генерують синусоїдальні розтиски заданої амплітуди, просторова частота яких відповідає заданій лінійній растрі. Для прикладу задали лінійну растрю 30;40;60;80 лін/см визначили денормалізовані просторові частоти і їх задали у діалогових вікнах блоків Step. Подані результати денормалізації розтискування для растрових елементів різної лінійної растри, графіки яких є синусоїдами різного просторового періоду, який залежить від лінійної растри. Зменшення лінійної растри викликає збільшення просторового періоду, внаслідок чого крива розтиску розширюється. Більш повні результати впливу лінійної растри на параметри растровання зведені у таблицю, із якої робимо висновок, що параметри нормованого розтиску є сталі і не залежать від лінійної растри, що є їх перевагою. Натомість денормовані параметри розтиску залежать від лінійної растри і їх легко визначити із попередніх шляхом масштабування, що є зручно для синтезу і коригування розтиску різної лінійної растри.

У четвертому розділі «Градаційне коригування нормованого растрового перетворення» математично обґрунтовано нелінійне коригування нормованого растрового перетворення за допомогою степеневі функції, здійснено коригування для елементів різної форми і визначено параметри коригувальних ланок, здійснено компенсацію розтискування за допомогою компенсуючої ланки для різної амплітуди розтиску. Розглянуто задачу аналітичного коригування нормованого растрового перетворення з наперед заданою (бажаною) градаційною характеристикою і визначення параметрів коригувальної ланки у загальному плані. Припустимо, що необхідно скоригувати нормоване растрове перетворення, яке описується градаційною характеристикою $S_K = F(X_K, D)$, якщо $0 \leq X_K \leq X_M$; $0 \leq D \leq D_M$, де X_K – скоригований геометричний розмір растрового елемента, який є скоригованим управляючим впливом при растрованні; S_K – скоригована нормована площа елемента після

растрування, що знаходиться в межах $0 \leq S_K \leq 1$, яка є носієм інформації і відповідає оптичній густині D ; D_M – її максимальне значення.

Коригування нормованого растрового перетворення ґрунтується на традиційних засадах синтезу шляхом введення послідовної коригувальної ланки, яку подамо виразом $X_K = F_K(X_H)$, де $F_K(X_H)$ – шукана функція коригувальної ланки, яка формує коригувальний вплив X_K на растрування. Тоді скориговане растрове перетворення визначатиметься виразом $X_K = F(X_H) / F_K(X_H)$. Шукана функція $F_K(X_H)$ повинна забезпечити коригувальний вплив X_K таким чином, щоб забезпечити задану градаційну характеристику скоригованого растрового перетворення. Припустимо, що задана (бажана) характеристика растрування $X_0 = F_0(X_H)$. Оскільки растрове перетворення є нелінійне то виникає відхилення скоригованої характеристики від заданої $E = S_K - S_0$. Умовою достовірності растрового перетворення є відсутність відхилення – $E=0$. Із викладеного одержимо рівність $E = F(X_K) / F_K(X_H) - F_0(X_H) = 0$. Звідси одержимо формулу для визначення шуканої функції послідовної коригувальної ланки у загальному плані $F_K(X_H) = F_0(X_H) / F(X_K)$. Часткове розв’язання задачі залежить від форми растрового елемента $F(X_K)$ і заданої (бажаної) характеристики растрування $F_0(X_H)$. Майже кожне зображення, що сканується, потребує різноманітних коригувань, включаючи тонове коригування. Розроблено основні найбільш важливі коригування градаційного перетворення: лінійаризація природньої характеристики, нелінійне коригування та компенсація розтискування.

Розроблено лінійаризацію природньої характеристики нормованого растрового перетворення для елементів квадратної форми з шуканою коригувальною функцією у вигляді показникової функції $F_K(X_H) = X_K^r$, де r – шуканий показник степеня коригувальної ланки. Визначили показник степеня $r=0,5$, тоді для лінійаризованої характеристики $S_K = K_0 X_H$, де K_0 – коефіцієнт,

який враховує розмірність площі. Для термінологічної зручності запропоноване коригування називатимемо γ -коригуванням. Розроблено структурну схему моделі лінійзації нормованого растрового перетворення для елементів квадратної форми у пакеті Matlab: Simulink.

Розроблено лінійзацію природньої характеристики нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми. Визначено вираз шуканої коригувальної ланки у вигляді степеневі функції $F_K = bX_H^r$, де показник степеня $r=0,5$ і коефіцієнт $b = 0,0671$. Розроблена структурна схема моделі лінійзації нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми. Аналогічно розроблена лінійзація нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми. Визначено вираз шуканої коригувальної ланки у вигляді степеневі функції, показник степеня якої $r=0,5$, а коефіцієнт $b = 0,595$. Розроблена структурна схема моделі лінійзації нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми. Запропонований спосіб лінійзації нормованого растрового перетворення забезпечує достатню точність $\pm 0,15\%$ лінійзації.

Лінійзація природньої характеристики растрування не завжди забезпечує якісне коригування різноманітних зображень. За лінійного коригування часто губляться деталі світлих і темних ділянок, вони стають більш світлими або чорними. На основі методу гама-функцій, які використовують в програмах комп'ютерної графіки для коригування цифрових зображень розроблено нелінійне коригування нормованого растрового перетворення елементів різної форми за допомогою γ -коригування. Шляхом зміни показника γ степеня можна одержати різні криві для нелінійного коригування. Розроблена структурна схема моделі нелінійного коригування нормованого растрового перетворення для квадратних елементів, яка є багатоканальною. Коригувальні ланки реалізовані чотирма блоками

математичних функцій $F_{сп}$, на виходи яких подається лінійний геометричний розмір $0 \leq X_H \leq 1$. У діалогових вікнах записані вирази з різними показниками степеня r для обчислення коригувальних впливів X_K , які подаються на входи наступних блоків математичних функцій, у яких обчислюються скориговані перетворення. Задали показники степеня $r = 0,5; 0,4; 0,3; 0,25$. Результати моделювання у вигляді кривих нелінійного коригування. При зменшенні показника r від 0,4 до 0,25 криві стають більш опуклими, що викликає поступове притемнення темних ділянок і середніх тонів із незначними втратами світлих ділянок – відбувається стискання діапазонів площ елементів. При малих площах прирости збільшуються, що еквівалентно підвищенню контрасту в місцях з малою яскравістю, що покращує зорове сприйняття зображення, одержаного в результаті нелінійного коригування.

Розроблено нелінійне коригування нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми, запропоновано вирази послідовних коригувальних ланок у вигляді степеневі функції. Побудована структурна схема чотирьохканальної моделі нелінійного коригування, подібна до попередньої. У першому стовпці розташовані блоки математичних функцій, які обчислюють коригувальні впливи $X_K = bX_H$. У другому стовпці блоків математичних функцій обчислюється скоригована площа $S_K = \pi X_K^2$. Визначили коефіцієнти b : 0,671; 0,649; 0,627; 0,618 та задали показники степеня r : 0,5; 0,4; 0,3; 0,25. Подані результати моделювання у вигляді кривих нелінійного коригування для елементів круглої форми різних значень коефіцієнтів b і r , які є опуклими кривими подібні до кривих коригування квадратних растрових елементів. Аналогічно розробили нелінійне коригування для елементів ромбічної форми. Параметри і кількісні оцінки нелінійного коригування растрових елементів різної форми, зведені у таблиці,

забезпечують задану градаційну характеристику растрування, що зручно для практичних застосувань і спрощує процедуру коригування.

Розроблено компенсацію розтиску для лінійної характеристики растрування за допомогою компенсуючої ланки у вигляді степеневі функції. Визначили показники степеня $r = 1,27; 1,67; 2,22$, що компенсують впливи розтиску для різних амплітуд $A = 0,10; 0,20; 0,30$ і забезпечують мінімальне відхилення характеристики растрування від лінійної з точністю $\pm 2\%$ на усьому інтервалі тонопередачі.

Здійснено компенсацію впливу розтиску для елементів квадратної форми для різних значень амплітуди. Визначили показники степеня r і коефіцієнта b , які забезпечують мінімальне відхилення скомпенсованої характеристики від лінійної на усьому інтервалі. Змінюючи значення степеня r і коефіцієнта b , можна налагодити скориговану характеристику, необхідну для конкретного зображення наприклад, для $r = 0,3$ і $b = 0,63$ одержали дуже опуклу характеристику, що не тільки компенсує розтиск, а й забезпечує необхідну скориговану характеристику, що розширює можливості коригування тонопередачі. Розробили структурні схеми моделей компенсації розтиску для елементів різної форми. Результати імітаційного моделювання і параметри компенсуючих ланок для растрових елементів зведені в таблицю, що зручно для практичних застосувань.

Ключові слова: нормоване растрування, моделі, аналіз, синтез, коригування, розтиск, компенсація, симулятори, тонопередача, якість.

Публікації у наукових виданнях (Scopus):

1. Durnyak, B., Lutskiv, M., Shepita, P., Hunko, D., Savina, N. Formation of Linear Characteristics of Normalized Raster Transformation for Rhombic Elements. Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security. CEUR Workshop Proceedings, Vol.2853, 2021 P.127-133 (включено до наукометричної бази Scopus & WoS).

Публікації у зарубіжних наукових виданнях:

2. Danylo Hunko. Tworzenie charakterystyk rastrowyck na podstawie znormalizowanej transformacji rastrowej okraglych elementow. Stowarzyszenie papiernikow Polskich, Przegląd papierniczy. Wydawnictwo SIGMA – NOT. Warczawa. №4. 2021, S. 226-229.

Публікації у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних (Index Scopus), та є науковими фаховими виданнями України:

3. Луцків М. М., Гунько Д. Т. Моделювання нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми. Комп'ютерні технології друкарства. 2018. №2 (40). с. 116-123.
4. Луцків М. М., Гунько Д. Т. Лінійаризація характеристики нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми. Комп'ютерні технології друкарства. №2 (44) с. 134-142.
5. Луцків М. М., Гунько Д. Т. Моделювання нормованого растрового перетворення для елементів ромбічної форми. Наукові записки 2020 №2 (61) с. 30-38
6. Луцків М. М., Гунько Д. Т. Моделювання нормованого растрового перетворення. Поліграфія і видавнича справа. 2020. №2 (86) с. 29-37
7. Гунько Д. Т. Моделювання нормованого растрового перетворення для елементів квадратної форми. Квалілогія книги. 2020. №2 (38) с. 22-30

Публікації у збірниках матеріалів конференцій:

8. Луцків М. М., Гунько Д. Т. Визначення властивостей растрівання на основі нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції «Теоретичні і прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій» 20-21 червня 2019р. Тернопіль. 2019. с. 35-36.
9. Гунько Д. Т. Нормована модель растрового перетворення для ромбічного елемента. XXIX Міжнародна науково-практична конференція з проблем видавничо-поліграфічної галузі. 11 листопада 2019. Приватне товариство «Український науково-дослідний інститут спеціальних видів друку». Київ. с 31-33.
10. Гунько Д. Т. Визначення характеристик нормованого растрового перетворення для елементів круглої форми. Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників і аспірантів. 15-19 лютого 2021р. УАД: Львів. с. 41.