

Додаток А

Підключення бібліотеки нормалізації зображення

```
using Emgu.CV;
using Emgu.CV.CvEnum;
using Emgu.CV.Structure;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace ImageOperations
{
    public class Normalize : PreProcessorBase
    {
        public Normalize()
        {
            this.ProcessMethod = ProcessMethods.Normalize;
            this.ProcessName = "Нормалізувати";
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> gray)
        {
            var normalizedOutput = new Image<Gray, byte>(gray.Width, gray.Height, new Gray(0));
            CvInvoke.Normalize(gray, normalizedOutput, 0, 255, NormType.MinMax);
            return normalizedOutput;
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> firstImage, Image<Gray,
byte> secondImage)
        {
            throw new NotImplementedException("Normalize is non lined image processor");
        }
    }
}
```

Додаток Б

Підключення бібліотеки згладжування зображень

```

using Emgu.CV;
using Emgu.CV.Structure;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace ImageOperations
{
    /// <summary>
    /// Реалізація Узагальненого шумодава
    /// </summary>
    public class DenoiseFilter : PreProcessorBase
    {
        // ступінь придушення шумодава
        public int DenoiseFactor { get; set; } = 7;
        public DenoiseFilter()
        {
            this.ProcessMethod = ProcessMethods.DenoiseFilter;
            this.ProcessName = "Зменшити шум";
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> gray)
        {
            // переведення в серій передаємо зображення у вигляді матриці і записуємо
            // вмикаємо функцію шумодава після чого повертаємо картинку
            Mat output = new Mat();
            CvInvoke.FastNlMeansDenoising(gray.Mat, output, DenoiseFactor);
            return output.ToImage<Gray, byte>();
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> firstImage, Image<Gray,
byte> secondImage)
        {
            throw new NotImplementedException("Denoise is non lined image processor");
        }
    }
}

```

Додаток В

Підключення бібліотеки бінарзації

```

using Emgu.CV;
using Emgu.CV.Structure;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace ImageOperations
{
    public class SimpleBinary : PreProcessorBase
    {
        private readonly int histoSize = 256;
        // виставити порого бінарзації
        private int _treshold = 100;
        public int Threshold
        {
            get => _treshold; set
            {
                if (value < 0 || value > 255)
                {
                    _treshold = 100;
                    return;
                }
                _treshold = value;
            }
        }
        public bool IsOtsu { get; set; } = true;
        public SimpleBinary()
        {
            this.ProcessMethod = ProcessMethods.SimpleBinary;
            this.ProcessName = "Простий бінарний";
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> gray)
        {
            // якщо то знаходити порого по отуц автоматично; якщо ні, то вказувати значення
            // порого користувачем
            if (IsOtsu)
            {
                _treshold = (int)this.Otsu(gray);
            }
            var binary = gray.ThresholdBinary(new Gray(_treshold), new Gray(255));
            if (binary != null)
            {
                return binary;
            }
            return gray;
        }
    }
}

```

```

private int[] Histo(Image<Gray, byte> image)
{
    int[] histogram = new int[histoSize];
    for (int i = 0; i < image.Height; i++)
    {
        for (int j = 0; j < image.Width; j++)
        {
            int intensity = (int)Math.Round(image[i, j].Intensity);
            histogram[intensity] += 1;
        }
    }
    return histogram;
}

private double Otsu(Image<Gray, byte> image)
{
    int all_pixel_count = image.Width * image.Height;
    int all_intensity_sum = (int)image.GetSum().Intensity;
    int best_thresh = 0;
    double best_sigma = 0.0;
    int first_class_pixel_count = 0;
    int first_class_intensity_sum = 0;
    var hist = Histo(image);
    for (int thresh = 0; thresh < histoSize - 1; ++thresh)
    {
        first_class_pixel_count += hist[thresh];
        first_class_intensity_sum += thresh * hist[thresh];
        double first_class_prob = first_class_pixel_count / (double)all_pixel_count;
        double second_class_prob = 1.0 - first_class_prob;
        double first_class_mean = first_class_intensity_sum / (double)first_class_pixel_count;
        double second_class_mean = (all_intensity_sum - first_class_intensity_sum)
            / (double)(all_pixel_count - first_class_pixel_count);
        double mean_delta = first_class_mean - second_class_mean;
        double sigma = first_class_prob * second_class_prob * mean_delta * mean_delta;
        if (sigma > best_sigma)
        {
            best_sigma = sigma;
            best_thresh = thresh;
        }
    }
    return best_thresh;
}

public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> firstImage, Image<Gray,
byte> secondImage)
{
    throw new NotImplementedException("AdaptiveBinary is non lined image processor");
}
}
}

```

Додаток Г

Підключення бібліотеки адаптивної бінарizaції

```

using Emgu.CV;
using Emgu.CV.CvEnum;
using Emgu.CV.ML;
using Emgu.CV.Reg;
using Emgu.CV.Structure;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Drawing;
using System.Drawing.Imaging;
using System.Linq;
using System.Numerics;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace ImageOperations
{
    public class AdaptiveBinary : PreProcessorBase
    {
        private readonly int histoSize = 256;
        public AdaptiveBinary()
        {
            this.ProcessMethod = ProcessMethods.AdaptiveBinary;
            this.ProcessName = "Адаптивна бінарizaція";
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> gray)
        {
            // беремо зображення в отуц і отримуємо значення порога
            double otsuK = Otsu(gray);
            // робимо бінарizaцію за отриманим порогом
            Image<Gray, byte> globalBinary = gray.ThresholdBinary(new Gray(otsuK), new
Gray(255));
            // знаходимо середнє квадратичне відхилення в зображенні
            int mean = MeanColor(globalBinary);
            // робимо число парне знімаємо одиницю якщо не парне то залишаємо
            int blockSize = mean % 2 == 0 ? mean - 1 : mean;
            // потім робиться адаптивна бінарizaція
            var adaptiveOutput = new Image<Gray, byte>(gray.Width, gray.Height, new Gray(0));
            CvInvoke.AdaptiveThreshold(gray, adaptiveOutput, 255,
AdaptiveThresholdType.GaussianC, ThresholdType.Binary, blockSize, 10);
            return adaptiveOutput;
        }
        private int[] Histo(Image<Gray, byte> image)
        {
            int[] histogram = new int[histoSize];
            for (int i = 0; i < image.Height; i++)
            {
                for (int j = 0; j < image.Width; j++)
                {

```

```

        int intensity = (int)Math.Round(image[i, j].Intensity);
        histogram[intensity] += 1;
    }
    return histogram;
}
private double Otsu(Image<Gray, byte> image)
{
    int all_pixel_count = image.Width * image.Height;
    int all_intensity_sum = (int)image.GetSum().Intensity;
    int best_thresh = 0;
    double best_sigma = 0.0;
    int first_class_pixel_count = 0;
    int first_class_intensity_sum = 0;
    var hist = Histo(image);
    for (int thresh = 0; thresh < histoSize - 1; ++thresh)
    {
        first_class_pixel_count += hist[thresh];
        first_class_intensity_sum += thresh * hist[thresh];
        double first_class_prob = first_class_pixel_count / (double)all_pixel_count;
        double second_class_prob = 1.0 - first_class_prob;
        double first_class_mean = first_class_intensity_sum / (double)first_class_pixel_count;
        double second_class_mean = (all_intensity_sum - first_class_intensity_sum)
            / (double)(all_pixel_count - first_class_pixel_count);
        double mean_delta = first_class_mean - second_class_mean;
        double sigma = first_class_prob * second_class_prob * mean_delta * mean_delta;
        if (sigma > best_sigma)
        {
            best_sigma = sigma;
            best_thresh = thresh;
        }
    }
    return best_thresh;
}
private int MeanColor(Image<Gray, byte> image)
{
    int all = image.Height * image.Width;
    double mean = image.GetSum().Intensity / all;
    double sqMeand = 0;
    for (int i = 0; i < image.Height; i++)
    {
        for (int j = 0; j < image.Width; j++)
        {
            double intensity = image[i, j].Intensity;
            sqMeand += Math.Pow(intensity - mean, 2);
        }
        var threshold = Math.Sqrt(sqMeand / all);
        return (int)Math.Round(threshold);
    }
    public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> firstImage, Image<Gray,
byte> secondImage)
    {
        throw new NotImplementedException("AdaptiveBinary is non lined image processor");
    }
}

```

Додаток Д

Підключення бібліотеки вирівнювання зображення

```

using Emgu.CV;
using Emgu.CV.CvEnum;
using Emgu.CV.Structure;
using Emgu.CV.Features2D;
using Emgu.CV.Util;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Drawing;
using System.IO;
using Emgu.CV.Flann;
namespace ImageOperations.processors
{
    public class AlignImages : PreProcessorBase
    {
        public string FeatureType { get; set; } = "orb";
        public string MatcherType { get; set; } = "bf";
        public AlignImages()
        {
            this.ProcessMethod = ProcessMethods.AlignImages;
            this.ProcessName = "Вирівнять зображення";
            this.CanProcessRefernceImage = true;
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> input)
        {
            throw new NotImplementedException("Оберіть друге зображення");
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> firstImage, Image<Gray,
byte> secondImage)
        {
            // Ключові точки
            VectorOfKeyPoint keyPoints1 = new VectorOfKeyPoint();
            VectorOfKeyPoint keyPoints2 = new VectorOfKeyPoint();
            // матриці описів
            Mat descriptors1 = new Mat();
            Mat descriptors2 = new Mat();
            // Встановлення детектора
            switch (FeatureType)
            {
                case "brisk":
                {
                    var brisk = new Brisk();
                    brisk.DetectAndCompute(firstImage, null, keyPoints1, descriptors1, false);
                    brisk.DetectAndCompute(secondImage, null, keyPoints2, descriptors2, false);
                    break;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

case "akaze":
{
    var akaze = new AKAZE();
    akaze.DetectAndCompute(firstImage, null, keyPoints1, descriptors1, false);
    akaze.DetectAndCompute(secondImage, null, keyPoints2, descriptors2, false);
    break;
}
case "orb":
{
    var orb = new ORB();
    orb.DetectAndCompute(firstImage, null, keyPoints1, descriptors1, false);
    orb.DetectAndCompute(secondImage, null, keyPoints2, descriptors2, false);
    break;
}
default:
{
    throw new Exception("Не обрано тип детектору");
}
}
// Знаходження відповідності між ключовими точками
VectorOfVectorOfDMatch matches = new VectorOfVectorOfDMatch();
// Узагальнений матчер
switch (MatcherType)
{
    case "bf":
    {
        var bfMathcer = new BFMatcher(DistanceType.Hamming);
        bfMathcer.Add(descriptors1);
        bfMathcer.KnnMatch(descriptors2, matches, 2);
        break;
    }
    default:
    {
        throw new Exception("Не обрано тип пошуку");
    }
}
}
Mat mask = new Mat(matches.Size, 1, DepthType.Cv8U, 1);
mask.SetTo(new MCvScalar(255));
Features2DToolbox.VoteForUniqueness(matches, 0.8, mask);
int count = Features2DToolbox.VoteForSizeAndOrientation(keyPoints1, keyPoints2,
matches, mask, 1.5, 20);
if (count < 4)
{
    throw new Exception("Зображення не збігаються");
}
}
Mat homography =
Features2DToolbox.GetHomographyMatrixFromMatchedFeatures(keyPoints1, keyPoints2,
matches, mask, 5);
// Застосування трансформації до першого зображення
Mat alignedImage = new Mat();
CvInvoke.WarpPerspective(firstImage, alignedImage, homography, secondImage.Size);
var points1 = keyPoints1.ToArray().Select(p => p.Point).ToArray();

```

```
var points2 = keyPoints2.ToArray().Select(p => p.Point).ToArray();
Dravpoints(points1, firstImage);
var result = alignedImage.ToImage<Gray, byte>();
Dravpoints(points2, result);
return result;
}
private void Dravpoints(PointF[] points, Image<Gray, byte> image)
{
    foreach (var point in points)
    {
        Point one = Point.Round(point);
        CvInvoke.Circle(image, one, 4, new MCvScalar(120, 120, 120), 2);
    }
}
}
```

Додаток Е

Підключення бібліотеки «Sum of absolute differences»

```

using Emgu.CV;
using Emgu.CV.Structure;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace ImageOperations
{
    public class Difference : PreProcessorBase
    {
        public Difference() {
            this.ProcessMethod = ProcessMethods.DifferenceImages;
            this.ProcessName = "Різниця";
            this.CanProcessRefernceImage = true;
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> input)
        {
            throw new NotImplementedException("Оберіть друге зображення");
        }
        public override Image<Gray, byte> Process(Image<Gray, byte> firstImage, Image<Gray,
byte> secondImage)
        {
            Image<Gray, byte> resultImage = new Image<Gray, byte>(secondImage.Width,
secondImage.Height);
            CvInvoke.AbsDiff(firstImage, secondImage, resultImage);
            double diff = CvInvoke.CountNonZero(resultImage);
            diff = (diff / (secondImage.Width * secondImage.Height)) * 100;
            return resultImage;
        }
    }
}

```

Додаток Ж

Вимірювання впливу технологічних параметрів експонування на відхилення геометричних розмірів топології ДП

Таблиця Ж.1 – Вимірювання впливу технологічних параметрів експонування на відхилення геометричних розмірів топології ДП

№	Відхилення, мкм	Час експонування, с	Товщина шару, мкм	Інтенсивність випромінювання, Лм	Довжина хвилі, нм
1	0,064	7	20	1600	405
2	0,087	8	20	1600	405
3	0,105	9	20	1600	405
4	0,117	10	20	1600	405
5	0,137	11	20	1600	405
6	0,142	12	20	1600	405
7	0,148	13	20	1600	405
8	0,153	14	20	1600	405
9	0,154	15	20	1600	405
10	0,161	16	20	1600	405
11	0,165	17	20	1600	405
12	0,169	18	20	1600	405
13	0,173	19	20	1600	405
14	0,190	20	20	1600	405
15	0,058	7	20	1600	435
16	0,091	8	20	1600	435
17	0,108	9	20	1600	435
18	0,116	10	20	1600	435
19	0,139	11	20	1600	435
20	0,139	12	20	1600	435
21	0,144	13	20	1600	435
22	0,148	14	20	1600	435
23	0,155	15	20	1600	435
24	0,161	16	20	1600	435
25	0,166	17	20	1600	435
26	0,175	18	20	1600	435
27	0,192	19	20	1600	435
28	0,224	20	20	1600	435
29	0,082	7	20	2800	405
30	0,109	8	20	2800	405
31	0,115	9	20	2800	405
32	0,135	10	20	2800	405
33	0,15	11	20	2800	405
34	0,158	12	20	2800	405
35	0,162	13	20	2800	405
36	0,167	14	20	2800	405
37	0,171	15	20	2800	405

Продовження таблиці Ж.1

№	Відхилення, мкм	Час експонування, с	Товщина шару, мкм	Інтенсивність випромінювання, Лм	Довжина хвилі, нм
38	0,176	16	20	2800	405
39	0,179	17	20	2800	405
40	0,191	18	20	2800	405
41	0,198	19	20	2800	405
42	0,2	20	20	2800	405
43	0,093	7	20	2800	435
44	0,115	8	20	2800	435
45	0,134	9	20	2800	435
46	0,148	10	20	2800	435
47	0,153	11	20	2800	435
48	0,164	12	20	2800	435
49	0,172	13	20	2800	435
50	0,178	14	20	2800	435
51	0,186	15	20	2800	435
52	0,191	16	20	2800	435
53	0,196	17	20	2800	435
54	0,2	18	20	2800	435
55	0,204	19	20	2800	435
56	0,208	20	20	2800	435
57	0,072	7	50	1600	405
58	0,091	8	50	1600	405
59	0,102	9	50	1600	405
60	0,122	10	50	1600	405
61	0,132	11	50	1600	405
62	0,152	12	50	1600	405
63	0,148	13	50	1600	405
64	0,162	14	50	1600	405
65	0,166	15	50	1600	405
66	0,172	16	50	1600	405
67	0,178	17	50	1600	405
68	0,186	18	50	1600	405
69	0,198	19	50	1600	405
70	0,203	20	50	1600	405
71	0,089	7	50	1600	435
72	0,102	8	50	1600	435
73	0,114	9	50	1600	435
74	0,129	10	50	1600	435
75	0,136	11	50	1600	435
76	0,142	12	50	1600	435
77	0,15	13	50	1600	435
78	0,155	14	50	1600	435
79	0,161	15	50	1600	435
80	0,169	16	50	1600	435
81	0,173	17	50	1600	435
82	0,182	18	50	1600	435
83	0,19	19	50	1600	435

Продовження таблиці Ж.1

№	Відхилення, мкм	Час експонування, с	Товщина шару, мкм	Інтенсивність випромінювання, Лм	Довжина хвилі, нм
84	0,198	20	50	1600	435
85	0,082	7	50	2800	405
86	0,108	8	50	2800	405
87	0,128	9	50	2800	405
88	0,142	10	50	2800	405
89	0,167	11	50	2800	405
90	0,171	12	50	2800	405
91	0,179	13	50	2800	405
92	0,189	14	50	2800	405
93	0,194	15	50	2800	405
94	0,202	16	50	2800	405
95	0,214	17	50	2800	405
96	0,229	18	50	2800	405
97	0,220	19	50	2800	405
98	0,226	20	50	2800	405
99	0,091	7	50	2800	435
100	0,112	8	50	2800	435
101	0,134	9	50	2800	435
102	0,148	10	50	2800	435
103	0,170	11	50	2800	435
104	0,171	12	50	2800	435
105	0,178	13	50	2800	435
106	0,191	14	50	2800	435
107	0,204	15	50	2800	435
108	0,208	16	50	2800	435
109	0,216	17	50	2800	435
110	0,222	18	50	2800	435
111	0,23	19	50	2800	435
112	0,234	20	50	2800	435

Додаток З

Порівняння відхилень розмірів провідників ДП при різних товщинах

Таблиця 3.1 – Порівняння відхилень розмірів провідників ДП при різних товщинах

№	Відхилення 1 мм	Відхилення 1,5 мм	Відхилення 2 мм	Відхилення 3 мм
1	0,063	0,064	0,064	0,066
2	0,087	0,088	0,087	0,09
3	0,104	0,105	0,105	0,113
4	0,118	0,118	0,117	0,126
5	0,137	0,137	0,137	0,147
6	0,141	0,14	0,142	0,152
7	0,15	0,149	0,148	0,158
8	0,152	0,153	0,153	0,163
9	0,155	0,156	0,154	0,164
10	0,159	0,16	0,161	0,171
11	0,163	0,164	0,165	0,175
12	0,171	0,171	0,169	0,178
13	0,172	0,173	0,173	0,165
14	0,189	0,19	0,190	0,198
15	0,056	0,056	0,058	0,067
16	0,089	0,09	0,091	0,082
17	0,107	0,108	0,108	0,116
18	0,114	0,115	0,116	0,125
19	0,137	0,138	0,139	0,148
20	0,14	0,141	0,139	0,148
21	0,14	0,143	0,144	0,152
22	0,147	0,146	0,148	0,157
23	0,154	0,154	0,155	0,164
24	0,161	0,162	0,161	0,17
25	0,165	0,166	0,166	0,175
26	0,174	0,175	0,175	0,184
27	0,191	0,192	0,192	0,2
28	0,222	0,223	0,224	0,232
29	0,081	0,081	0,082	0,091
30	0,099	0,1	0,109	0,118
31	0,113	0,114	0,115	0,123
32	0,146	0,147	0,135	0,153
33	0,149	0,15	0,15	0,158
34	0,157	0,158	0,158	0,16
35	0,161	0,161	0,162	0,17
36	0,165	0,166	0,167	0,176
37	0,17	0,17	0,171	0,18
38	0,175	0,175	0,176	0,185
39	0,179	0,18	0,179	0,188
40	0,192	0,193	0,191	0,2
41	0,199	0,2	0,198	0,207

Продовження таблиці 3.1

№	Відхилення 1 мм	Відхилення 1,5 мм	Відхилення 2 мм	Відхилення 3 мм
42	0,201	0,2	0,2	0,209
43	0,092	0,091	0,093	0,102
44	0,115	0,114	0,115	0,124
45	0,138	0,139	0,134	0,143
46	0,15	0,15	0,148	0,157
47	0,151	0,152	0,153	0,162
48	0,165	0,166	0,164	0,173
49	0,171	0,172	0,172	0,181
50	0,177	0,178	0,178	0,187
51	0,185	0,186	0,186	0,195
52	0,192	0,192	0,191	0,2
53	0,193	0,194	0,196	0,205
54	0,199	0,2	0,21	0,209
55	0,203	0,204	0,204	0,213
56	0,207	0,208	0,208	0,217
57	0,071	0,072	0,072	0,091
58	0,079	0,08	0,091	0,099
59	0,103	0,104	0,102	0,111
60	0,122	0,123	0,122	0,132
61	0,131	0,132	0,132	0,141
62	0,148	0,149	0,152	0,163
63	0,15	0,15	0,148	0,157
64	0,159	0,16	0,162	0,174
65	0,163	0,164	0,166	0,175
66	0,173	0,174	0,172	0,192
67	0,176	0,177	0,178	0,187
68	0,184	0,185	0,186	0,195
69	0,196	0,197	0,198	0,207
70	0,201	0,202	0,203	0,212
71	0,087	0,088	0,089	0,098
72	0,099	0,1	0,102	0,111
73	0,113	0,114	0,114	0,123
74	0,13	0,131	0,129	0,138
75	0,134	0,135	0,136	0,145
76	0,141	0,142	0,142	0,151
77	0,151	0,151	0,15	0,158
78	0,154	0,155	0,155	0,164
79	0,16	0,165	0,161	0,172
80	0,167	0,168	0,169	0,178
81	0,174	0,174	0,173	0,181
82	0,181	0,182	0,182	0,188
83	0,189	0,192	0,19	0,197
84	0,196	0,197	0,198	0,204
85	0,084	0,084	0,082	0,088
86	0,107	0,108	0,108	0,114
87	0,126	0,127	0,128	0,137
88	0,139	0,139	0,142	0,151

Продовження таблиці 3.1

№	Відхилення 1 мм	Відхилення 1,5 мм	Відхилення 2 мм	Відхилення 3 мм
89	0,167	0,168	0,167	0,176
90	0,171	0,172	0,171	0,194
91	0,178	0,179	0,179	0,188
92	0,191	0,191	0,189	0,198
93	0,192	0,193	0,194	0,203
94	0,199	0,199	0,202	0,211
95	0,215	0,215	0,214	0,223
96	0,218	0,219	0,229	0,228
97	0,218	0,219	0,220	0,229
98	0,224	0,224	0,226	0,235
99	0,092	0,092	0,091	0,102
100	0,116	0,116	0,112	0,121
101	0,129	0,136	0,134	0,142
102	0,147	0,148	0,148	0,156
103	0,171	0,172	0,170	0,178
104	0,172	0,173	0,171	0,184
105	0,176	0,177	0,178	0,187
106	0,189	0,189	0,191	0,199
107	0,198	0,199	0,204	0,213
108	0,207	0,207	0,208	0,217
109	0,215	0,215	0,216	0,225
110	0,221	0,221	0,222	0,232
111	0,229	0,229	0,23	0,239
112	0,232	0,232	0,234	0,243

Додаток І

Список публікацій здобувача

1. Нікітін Д. О., Невлюдов І. Ш., Разумов-Фризиук Є. А. Аналіз технології лазерного експонування друкованих плат // Технологія приладобудування. 2020, № 1. с. 56–59.
2. Нікітін Д.О., Невлюдов І.Ш., Близнюк Д. С., Гурін Д. В., Разумов-Фризиук Є.А., Стрілець Р.Є. Виготовлення друкованих плат за допомогою технологій 3D друку // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. № 4 (482), 2020. с. 79–86. [https://doi.org/10.15589/znp2020.4\(482\).9](https://doi.org/10.15589/znp2020.4(482).9).
3. Нікітін Д. О., Невлюдов І. Ш., Близнюк Д. С., Разумов-Фризиук Є. А., Стрілець Р. Е. Створення топології друкованих плат за допомогою фотополімерних адитивних технологій 3D друку // Науково-технічний журнал «Проблеми тертя та зношування», № 1(90), (2021) с. 42-54.
4. Nevlyudov I., Razumov-Fryziuk I., Nikitin D., Blyzniuk D., Strelets R. Technology for creating the topology of printed circuit boards using polymer 3D masks. № 1 (15) (2021): Сучасний стан наукових досліджень і технології в промисловості. с. 120-131: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2021.15.120>.
5. Nevliudov I., Bliznyuk D., Gurin D., Nikitin D., Razumov-Frizyuk E., Strelets R. Technology of laser exposure of topology of printed boards. International independent scientific journal. №27, VOL. 1, 2021. С. 27–32.
6. Nevliudov I., Bliznyuk D., Nikitin D., Razumov-Frizyuk E., Strelets R. Cost Estimation of Photopolymer Resin for 3D Exposure of Circuit Board // Technology Audit and Production Reserves № 2/2(64), 2022. P.43-49. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.256538>. (фахове видання, категорія Б)
7. Разумов-Фризиук Є. А., Гурін Д. В., Нікітін Д. О., Близнюк Д. С., Стрілець Р. Є. Моделювання шнекового екструдера для FFF 3D друку // Radiotekhnika, 2(209), 206–214. <https://doi.org/10.30837/rt.2022.2.209.21>.
8. I. Badanyuk, I. Nevliudov, D. Nikitin. Topological image processing for

comprehensive defect and deviation analysis using adaptive binarization // № 1 (23) (2023): Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 164 – 173 с. <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.164>.

9. Zharikova, I., Nevliudov, I., Novoselov, S., Nikitin, D., & Allakhveranov R., Simulation of flexible printed structures design for mobile robot platform // Vol. 2 No. 2 (2023): NasTech: Journal of Natural Sciences and Technologies, 2(2). pp.242-247: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10362385>.

10. Нікітін Д.О., Невлюдов І.Ш., Баданюк І. С. Методи фільтрації зображення топології друкованих плат // Вінниця, UKR – Вена, AUT Випуск № 12-13 «ГРААЛЬ НАУКИ» за матеріалами III Міжнародної науково-практичної конференції "An Integrated Approach to Science Modernization: Methods, Models and Multidisciplinary". С. 351 – 355. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.29.04.2022.058>.

11. Нікітін Д.О., Невлюдов І.Ш., Разумов-Фризюк Є.А. Regression analysis of the influence of technological parameters of 3D printing on product quality // V Міжнародна наукова конференція з нових тенденцій у науці та освіті «Theoretical and scientific bases of development of scientific thought», 16 – 19 лютий 2021 г., Рим, Італія. с. 606 – 611.

12. Нікітін Д.О., Стрілець Р.Є., Близнюк Д.С. Порівняльний аналіз технологій 3D прототипування SLA, DLP та LCD. Розробка автоматизованої станції для 3D друку // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2020. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2020. С. 55 – 56.

13. Нікітін Д.О., Невлюдов І.Ш. Використання 3D-експонування полімерних фотомасок // Одеська національна академія харчових технологій Університет Інформатики і прикладних знань, м. Лодзь, Польща Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» Навчально-науковий інститут комп'ютерних систем і технологій

«Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова XXI Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій». 137 – 138 с.

14. Гурін Д.В., Нікітін Д.О. Моделювання математичної моделі отримання наноструктурованих діелектричних плівок // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. С. 47-48. ISSN 2222-4386.

15. Невлюдов І.Ш., Нікітін Д.О., Стрілець Р.Є. Вплив фотополімерних смол для виготовлення друкованих плат // VII Міжнародна науково-практична конференція «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка»: Тези доповідей. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2022. С. 94-95. ISSN 2222-4386.

16. Nevlyudov I., Razumov-Frizyuk E., Nikitin D., Badaniuk I., Strelets R. // Practical results of the study of photopolymer exposure of printed circuit board topology. ISBN 978-9984-891-22-4 UDC 658.012.32 Information systems in project and program management, [Text]: Collective monograph edited by I. Linde. European University Press. Riga: ISMA, 2023. 317 p. Recommended for publication by the Kharkiv National University of Radio Electronics (protocol No. 10 of October 06, 2023).

17. Нікітін Д.О., Редькін К.С. Аналіз технології Polyjet для адитивного виробництва // The 9th International scientific and practical conference “Science and innovation of modern world” (May 18-20, 2023) Cognum Publishing House, London, United Kingdom. 2023. p. 231 – 237. ISBN 978-92-9472-194-5.

18. Невлюдов І.Ш. Нікітін Д.О. Мижирицький В.В. The influence of technological parameters of milling on the geometric dimensions of printed circuit boards // SWorld &D.A. Tsenov Academy of Economics – Svishtov, Bulgaria Issue No10 Part 1 November 2021, p. 15 – 20: ISSN 2663-5712. <https://doi.org/>

10.30888/2663-5712.

19. Нікітін Д.О., Балабанов І.В. Дослідження впливу температури фотополімерної смоли на збереження геометричних розмірів моделі під час 3D-друку // Science of XXI century: development, main theories and achievements: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the V International Scientific and Theoretical Conference, January 26, 2024. Helsinki, Republic of Finland: International Center of Scientific Research. p. 197 – 203. ISBN 979-8-88955-774-6. <https://doi.org/10.36074/scientia-26.01.2024>.

20. Нікітін Д.О., Коротун Є.В. Дослідження параметрів фотополімерної смоли для адитивного 3D-друку // Період трансформаційних процесів в світовій науці: задачі та виклики: матеріали II Міжнародної наукової конференції, м. Кривий Ріг, 10 січня, 2024р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2024. 292 – 294 с. ISBN 978-617-8126-97-1. <https://doi.org/10.30888/2663-571210.36074/mcnd-19.01.2024>.

21. Нікітін Д.О. Розробка моделі керуванням температури фотополімерної смоли на базі LCD-технології 3D-друку // Системи управління, навігації та зв'язку, Національний університет “Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка” – Полтава 2024: Збірник наукових праць, випуск 1 (75). С. 31 – 37. ISSN 2073-7394. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.1.031>.

Додаток І

Акти впровадження

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Проректор з наукової роботи
 Національного університету
 «Запорізька політехніка»
 Вадим ШАЛОМССВ
 « 23 » 02 2024 р.

АКТ

з впровадження результатів дисертаційної роботи
 Нікітіна Дмитра Олександровича

Комісія у складі голови: декана факультету інформаційної безпеки та електронних комунікацій – к.т.н., доц. Фурманової Наталії Іванівни та членів комісії: в.о. завідувача кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» – к.т.н., доц. Малого Олександра Юрійовича, професора кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» – д.т.н., доц. Сфименка Миколи Володимировича та старшого викладача кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» – Куляби-Харитонової Тетяни Іванівни, склали акт про впровадження результатів дисертаційної роботи Нікітіна Д.О. у навчальний процес Національного університету «Запорізька політехніка».





Склад впровадження:

– метод експонування односторонніх та двосторонніх друкованих плат за допомогою адитивних технологій 3D-друку, з використанням фотополімерних масок, що на відміну існуючих методів нанесення фоторезиста, дозволяє зменшити витрати на витратні матеріали та трудоемність виробництва друкованих плат;

– програмний модуль «Автоматизована обробка зображень топології друкованих плат». Даний програмний модуль «Niki» дозволяє вирівнювати та зменшувати шуми в зображеннях готової топології друкованої плати, отриманих за допомогою систем технічного зору. Також даний програмний модуль дозволяє порівнювати початкове зображення топології друкованої плати з отриманою топологією та визначати відхилення геометричних розмірів провідників.

Комісія встановила, що результати дисертаційної роботи Нікітіна Д.О. були впроваджені у навчальний процес кафедри «Інформаційні технології електронних засобів» Національного університету «Запорізька політехніка» при проведенні лекційних та лабораторних занять з дисципліни «Основи виробництва» та «Автоматизовані системи управління технологічними процесами» (бакалаврат) та «Цифрова обробка сигналів та зображень» (магістратура) для спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Голова комісії
 Члени комісії

 Наталія ФУРМАНОВА
 Олександр МАЛІЙ
 Микола СФИМЕНКО
 Тетяна КУЛЯБА-ХАРИТОНОВА



з впровадження результатів дисертаційної роботи
 Никітіна Дмитра Олександровича

Комісія у складі голови: завідувача кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки д.т.н., проф. Перекреста Андрія Леонідовича та членів комісії: доцента кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки – к.т.н., доц. Кухаренко Дмитра Володимировича та доцента кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки – к.т.н., доц. Юрка Олексія Олексійовича, склад акт про впровадження результатів дисертаційної роботи Никітіна Д.О. на тему «Моделі і методи керування технологічним процесом виготовлення друкованих плат за технологію фотополімерного 3D-друку», подану на здобуття наукового ступеню доктора філософії за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у навчальний процес Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Склад впровадження:

– математичну модель впливу параметрів SLA, DLP та LCD експонування на геометричні розміри топології ДП при виготовленні фотополімерних масок, яка дає можливість зменшити відхилення геометричних розмірів на 15% при виготовленні;

– програмний модуль «Автоматизованої обробки зображень топології друкованих плат». Даний програмний модуль «Niki» дозволяє, вирівнювати та зменшувати шуми в зображеннях готової топології друкованої плати, отриманих за допомогою систем технічного зору. Також даний програмний модуль дозволяє порівнювати початкове зображення топології з отриманою та визначати відхилення геометричних розмірів провідників.

Комісія встановила, що результати дисертаційної роботи Никітіна Д.О. були впроваджені у навчальний процес кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського при проведенні лекцій, у методичних вказівках щодо виконання лабораторних та практичних занять з курсів «Технологія електронних пристроїв», «Електронні пристрої роботизованих систем», «Електронні пристрої кібернетичних систем» для спеціальності 171 – Електроніка.

Голова комісії
 Члени комісії



Андрій ПЕРЕКРЕСТ
 Дмитро КУХАРЕНКО
 Олексій ЮРКО



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. ректора Харківського
національного університету
радіоелектроніки

Ігор РУБАН

2024 р.**АКТ**

з впровадження в освітній процес
результатів дисертаційної роботи
Нікітіна Дмитра Олександровича

Комісія у складі голови: декана факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій – д.т.н., професора, Филипенка Олександра Івановича та членів комісії: д.т.н., професора кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Цимбала Олександра Михайловича, д.т.н., професора кафедри КІТАР Євсєєва Владислава Владиславовича, к.т.н., доцента кафедри КІТАР Разумова-Фризюка Євгенія Анатолійовича, склад акт про впровадження результатів дисертаційної роботи Нікітіна Д.О. на тему «Моделі і методи керування технологічним процесом виготовлення друкованих плат за технологією фотополімерного 3D-друку» в освітній процес Харківського національного університету радіоелектроніки.

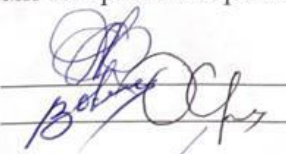


Склад впровадження:

– програмний модуль «Автоматизованої обробки зображень топології друкованих плат». Даний програмний модуль дозволяє вирівнювати та зменшувати шуми в зображеннях готової топології друкованої плати, отриманих за допомогою систем технічного зору. Також даний програмний модуль дозволяє порівнювати початкове зображення топології друкованої плати з отриманою топологією та визначати відхилення геометричних розмірів провідників.

Комісія встановила, що результати дисертаційної роботи Нікітіна Д.О. були впроваджені в освітній процес кафедри Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки Харківського національного університету радіоелектроніки при проведенні лекційних та лабораторних занять з дисципліни «Системи з числовим програмним керуванням» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Голова комісії

Члени комісії

Олександр ФИЛИПЕНКО

Олександр ЦИМБАЛ

Владислав ЄВСЄЄВ

Євгеній РАЗУМОВ-ФРИЗЮК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший заступник Генерального директора-
Головний конструктор

ТОВ «Науково-виробниче підприємство «ЛТУ»

В.М. Борщов

« 11 » 03 2024 р.

61145, м. Харків, вул. Новгородська, 3

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи
на здобуття ступеня доктора філософії Нікітіна Дмитра Олександровича

Комісія у складі:

Голова: Борщов Вячеслав Миколайович – д.т.н, професор,
перший заступник Генерального директора –
Головний конструктор**Члени комісії:** Проценко Максим Анатолійович – к.т.н, начальник
відділення- заступник головного конструктора

Тимчук Ігор Трохимович – к.т.н, головний технолог

склала акт про провадження результатів дисертаційної роботи Нікітіна Дмитра
Олександровича у ТОВ «Науково-виробниче підприємство «ЛТУ».

Комісія з розгляду результатів впровадження науково-дослідної роботи Нікітіна Д.О. підтверджує доцільність використання, алгоритмів та методів візуального контролю топології друкованих плат, які дозволяють порівнювати між собою задану топологію друкованої плати з отриманою в режимі реального часу, на автоматизованих технологічних лініях. За результатами досліджень розроблено програмне забезпечення «Автоматизованої обробки зображень топології друкованих плат». Даний програмний модуль «Niki» дозволяє, вирівнювати та зменшувати шуми в зображеннях готової топології друкованої плати, отриманих за допомогою систем технічного зору. Також даний програмний модуль дозволяє порівнювати початкове зображення топології друкованої плати з отриманою топологією та визначати відхилення геометричних розмірів провідників з похибкою, яка не перевищує 3%.

Отриманий позитивний науково-технічний ефект дозволяє забезпечити необхідні якісні характеристики провідників друкованих плати та швидкий додатковий візуальний контроль у технологічних процесах.

Акт складений для пред'явлення до спеціалізованої Вченої ради із захисту дисертацій та не є підставою для фінансових розрахунків.

Голова комісії

Члени комісії



В.М. Борщов

М.А. Проценко

І.Т. Тимчук