

הרב אביעד משה

פסיקה במראות דרך מסך – סקירה טכנולוגית

הקדמה

לאחרונה נודע שיש כמה אפליקציות חדשות שבעזרתן פוסקים רבנים בדיני מראות (עדים). הפסיקה ניתנת לאחר ראיית המראות דרך מסך של פלאפון חכם. ברצוני לסקור מבחינה טכנולוגית את תהליך היצירה של תמונה דיגיטלית ואת השלכותיו על פסיקה בעדים דרך מסך.¹ יש לתת את הדעת על שני שלבים מרכזיים ביצירת תמונה דיגיטלית, שגורמים לשוני מהותי בין תמונה דיגיטלית לבין מראה עיניים. (1) שלב צילום התמונה. (2) שלב הצגת התמונה על המסך.

א. שלב צילום התמונה

באופן פשוטני ניתן לומר שמצלמות דיגיטליות קולטות תמונה על ידי תאים שרגישים לגלי אור. מכיוון שאורך הגל משתנה בין צבע לצבע, יש למצלמה יכולת להבדיל בין סוגי צבעים שונים. אלא שמצלמות דיגיטליות מראש נבנו לקלוט גלי אור באורכים מסוימים. למצלמות ישנה שכבה מסוננת (פילטר) שמאפשרת רק לשלושה צבעי יסוד (אדום, ירוק וכחול) לעבור. כל תא שקולט אור בעצם מחולק לארבעה תאים שונים: שניים קולטים אור ירוק,² אחד קולט אדום, ואחד - כחול.³ כל תא קולט בעצם את כמות הירוק, האדום והכחול שהרכיבו את צבעו של גל האור המקורי שפגע ברכיב הקולט של המצלמה. מצלמות דיגיטליות שומרות רק שלושה צבעים - אדום, ירוק וכחול (RGB) - משום שמהם אפשר להפיק לאחר מכן (בשלב הצגת התמונה על המסך) את כל שלל הצבעים. המידע על כמות הצבעים הנקלטים מתורגם למספרים ונשמר בזיכרון של המכשיר (בקובץ תמונה) בצורת מערך (רשימה) של שלושה מספרים (כמות האדום, הירוק והכחול) שמייצגים פיקסל אחד מהתמונה הכוללת. מובן שקובץ תמונה מכיל בתוכו מאות מערכים כאלו, כפי מספר הפיקסלים שבתמונה. הסיבה לשמירת שלושה צבעים בלבד אינה נובעת מהמורכבות הטכנית לייצר משטח שקולט כמות גדולה של צבעים (קיימים כאלו בשוק), אלא מהעובדה שניתן לייצר את כל שלל הצבעים (שבן אנוש יכול

1. מהנדסי אלקטרוניקה עלולים למצוא בדבריי אי אלו אידיוקים, אולם לעניות דעתי תיאור זה מספיק מדויק כדי להציג את הנתונים לצורך המאמר.
2. אין כאן המקום להאריך מדוע יש שני תאים שקולטים ירוק בעוד רק אחד קולט אדום ואחד כחול. בקצרה נסביר שהאור הירוק כולל בתוכו יותר נתונים על התמונה, והוא מאפשר ליצור תמונה מדויקת יותר.
3. ישנה שיטה נוספת שמשמשת בפריזמה שמחלקת את קרן האור לשלוש קרניים של אדום, ירוק וכחול.

לזהות) משלושת הצבעים האלו וכן מהצורך לחסוך במקום בזיכרון של המחשב שמאחסן את התמונה (כך נשמרים שלושה נתונים עבור כל פיקסל, וקובץ תמונה כידוע 'שוקל' הרבה יותר מקובץ טקסט. תארו לעצמכם מה היה קורה אם עבור כל קובץ היו נשמרים פי שניים או שלושה נתונים).

ב. שלב הצגת התמונה

שלב הצגת התמונה על המסך תלוי כמובן בסוג המסך, אך העיקרון דומה. כל פיקסל במסך מורכב משלושה תאים שמציגים את שלושת הצבעים ששמורים לו בזיכרון - אדום, ירוק וכחול - בכמות הנכונה.

אתיחס כאן לשני סוגי מסכים עיקריים: LCD ו-OLED.

ב-LCD בוקע אור לבן מהצד האחורי של המסך באופן תמידי. האור הלבן פוגע בשכבה של פילטרים שיכולים להעביר דרכם ירוק, כחול או אדום בכמויות שונות. מכיוון שהפילטרים קטנים וצפופים, בפועל הם נראים לעין האנושית כצבעים אחידים שנוצרים מערבוב של אדום, כחול וירוק.

OLED היא שיטה מתקדמת יותר שבה התאים שמרכיבים כל פיקסל פולטים אור בעצמם (אדום, ירוק או כחול). התאים ממוקמים זה ליד זה או זה מאחורי זה כדי להפיק את כל מגוון הצבעים.

ידוע כי יש שוני בצבע של תמונות בין מסכים של פלאפונים מיצרנים שונים. השוני יכול להיווצר כתוצאה מצורת הפעולה של המסך, אך גם מחמת שימוש באלגוריתם שונה לחישוב מרחב הצבע של המסך⁴ וקליברציה.⁵

ג. שלב הדחיסה לקבלת קובץ תמונה

עד כאן תיארתי את תרומת המצלמה לקבלת הערכים הדיגיטליים של כל הצבעים בתמונה, אולם מעשית אין זה סוף התהליך. כדי לקבל תוצר מוגמר של קובץ תמונה שמוכר במחשבים בכל העולם, ישנו שלב של דחיסה שבו אלגוריתם עובר על הערכים הבינריים של התמונה ומכווץ אותם,⁶ במטרה לחסוך מקום בזיכרון המחשב.

בפשטות ישנם שני סוגי אלגוריתמים: האחד שתוכנת לסנן מידע חשוב פחות ולוותר עליו כדי לחסוך במקום בקובץ תמונה, והשני שאינו מוותר על מידע. בקובץ בעל סיומת jpg למשל ישנו אלגוריתם (lossy algorithm) שמתוכנת לוותר על מידע חיוני פחות בתמונה (אומנם שינויים אלו אינם ניכרים בתמונה הסופית). בקובץ בעל סיומת png למשל ישנו אלגוריתם דחיסה (lossless algorithm) שאינו מאבד חלקים מהתמונה. יש אומנם אפשרות

4. שני מרחבי צבע שמקובלים כיום הם sRGB ו-3DCI-P שכולל בתוכו כ-26% יותר גווני צבע מה-sRGB. ביאור החישוב של מרחבי הצבע אינו בתחום המאמר.

5. לא התייחסתי במאמר להבדלים שיש בין מסך פלאפון לבין מסך מחשב, וכן בין מסכי מחשב שונים. הנחת הבסיס היא שיראו את התמונה בפלאפון.

6. למשל אם יש חלק בתמונה שיש בו מאה פיקסלים בצבע שחור, במקום לשמור בזיכרון המחשב מאה מקומות בעלי ערך בינרי של שחור, החלק הנ"ל יוגדר מחדש כפיקסל שחור אחד כפול 100. הגדרה זו תופסת הרבה פחות זיכרון.

להגדיר במצלמות מסוימות שהפלט יהיה בעל סיומת raw, דהיינו קובץ שמכיל את הסיגנלים שהמצלמה קלטה ללא שום עיבוד, אלא שללא תוכנה מיוחדת אין אפשרות לעבוד עם קובץ כזה. בפלאפונים חכמים (שהם כנראה המכשירים שישלחו דרכם תמונות של מראות לפסיקה) ברירת המחדל לתמונה היא סיומת jpg, ככל הנראה משום שהיא החסכונית ביותר בזיכרון. הרי לנו שלב בלתי נמנע כמעט שבו כל תמונה עוברת תהליך דחיסה שעלול לשנות מעט את ערכי הצבע של פיקסלים.

ד. סיכום הבהינה הטכנית

אם נקביל את התמונה הדיגיטלית להלכות בשר וחלב, הרי לנו שבכל תמונה במסך יש נותן טעם, בר נותן טעם, בר נותן טעם של מראה אמיתי שההלכה התירה לפסוק לפיו. אומנם הטכנולוגיה מתקדמת כל הזמן, והתמונות הדיגיטליות נראות לעין האנושית כמעט זהות למציאות, ובכל זאת מי שמכיר את התהליך יכול לזהות את השינויים שהמראה עובר בהצגתו בתמונה הדיגיטלית ואת החסרונות שבתהליך.

1. בעיית התאורה המשתנה

עד כה תיארונו את הצד הטכני של יצירת תמונה דיגיטלית, אך הבעיה בהעברת צבעים דרך התמונה מתעצמת בשלב לקיחת התמונה בפועל. כשרב פוסק על עד, הוא יודע לקחת את העד לתאורה הרצויה לפי ההלכה כדי לפסוק. הרב לומד להבחין בעינו איך נראה מראה טמא בתאורות כאלו ואחרות. ואולם כששולחים עד דרך מצלמה והרב צופה בו דרך מסך, אין לרב מידע על סוג התאורה ורמת האור, וכמובן הצבע של המראה משתנה בהתאם לרמת האור. בעיה זו היא הגדולה ביותר, מודעים אליה בעולם הטכנולוגי ועמלים בו רבות למציאת פתרון מתאים. חברות גדולות פועלות במגוון דרכים כדי למצוא פתרון שמתאים לסוג הטכנולוגיה שלהן.

2. פרטים טכניים משלימים

מעבר לבעיות שצוינו לעיל, לפני כל פסיקה במראה על כל פוסק לברר את הנתונים הבאים:

- 1) כמה זמן עבר על העד עד שצולם (עד ישן משנה את צבעו).
- 2) שצילמו את כל המראות שצריכים בדיקה בעד, או לחלופין את כל העד משני צידיו.
- 3) שאין בעיה של פוקוס בתמונה.
- 4) אם מדובר על הפסק, או על מוך.
- 5) מה מספר הבדיקה בתוך השבעה נקיים. מידע זה עשוי גם הוא לסייע בפסיקה על העד.

ה. פתרון חלקי על ידי מחקר

לעניות דעתי המסקנה המתבקשת מהבעיות שצוינו לעיל היא שללא מחקר מקדים יסודי, וללא בניית אלגוריתם שיבחן באילו תנאים ניתן לפסוק דרך המסך - פסיקה על עדים דרך מסך עלולה לטהר את הטמא ולטמא את הטהור.

לדוגמה: נניח שמדובר על עד טמא בן כמה ימים. צבע הדם שלו דהה והפך לצבע יין, אלא שבתאורה מסוימת הוא נראה אפור ואילו בתאורה אחרת הוא נראה חום. במקרה כזה הרב עלול לטהר את הטמא. דוגמה נוספת: נניח שמדובר על עד טהור וטרי שמהול בו צבע חום טהור שבתאורה של אור צהוב נראה לפעמים כגוון אדום. כאן עלול הרב לטמא את הטהור.

הגדרת המחקר בשאלה זו היא קריטית, כיוון שישנן הרבה מאוד אפשרויות ודרכי פעולה למציאת פתרון לבעיה. אפשר לבצע בקלות מחקרים שלא יובילו אותנו לפתרון מועיל, ויסתכמו במחקר לשם מחקר. כאמור נקודת הספק היא לא אם יש שינוי וגם לא עד כמה ישנו שוני בין הצבעים במציאות לבין הצבעים בתמונה דיגיטלית.⁷ לעניות דעתי המחקר שיש לערוך יחקור באילו גוונים ותאורה יש טעות בפסק, ואם כן מהו שיעור הטעות בגוונים השונים. כמו כן על המחקר להציע פתרון לבעיית התאורה המשתנה. לבסוף צריך לבחון אם המחקר יציע פתרון רק לרבנים שלקחו בו חלק או שהוא יועיל לכלל הרבנים שפוסקים בעדים.

שאלות נוספות שכדאי לבחון במחקר הן:

- 1) האם יש הבדל בין תמונה שצולמה לאור השמש לבין תמונה שצולמה לאור מנורה?
 - 2) האם התמונה תראה אחרת דרך מסכים שונים?
 - 3) האם יש הבדל בין תמונות עם אלגוריתם דחיסה שונה?
- רצוי שהמחקר הנ"ל יעריך על כמה שיותר מראות. ככל שהמחקר יהיה מקיף ומעמיק יותר, כך יהיה אפשר להגיע לדיוק רב יותר בפסיקה דרך המסך. ברצוני להרחיב בעניין הפתרונות השונים לבעיית הפסיקה במסכים במאמר המשך.

סיכום

במאמר זה סקרתי את הבעייתיות שיש בפסיקה על עדים דרך מסך. סקרתי בתחילה את הסיבות לשינויים בצבע בין המראה במציאות לבין המראה הנשקף בתמונה הדיגיטלית. לאחר מכן הסברתי על בעיית התאורה המשתנה בתמונות דיגיטליות. לבסוף כתבתי בקצרה על המחקר שיש לערוך בנושא ועל מטרותיו. במאמר נוסף ארחיב בנושא הפתרונות האפשריים וצורות המחקר שניתן לעשות על מנת לפתור את הבעיה או לפחות לתת פתרון חלקי.

בנוגע לאפליקציות הקיימות כיום לפסיקה דרך מסך, ראוי שמפתחי האפליקציה יפרסמו את השיטה שבה הם פותרים את הבעיות שהוצגו במאמר. במידה וערכו מחקר מקדים, ראוי שיפרסמו את מטרות המחקר ושיטות הפעולה ויחשפו אם הרבנים שפוסקים בפועל על המראות לקחו חלק במחקר. כל עוד לא מוצע פתרון מספק לבעיות שהוצגו, ראוי לעניות דעתי להימנע מלהשתמש במראות לפסיקה.



7. כמו כן, מחקר שחוקר את הרבנים הפוסקים כדי לדעת עד כמה הם רגישים לשינוי בצבע, לא יאפשר לנו לדעת מה תהיה רמת הטעות של הרבנים במקרה של עד אמיתי.