ניקוי עור אוטומטי ברמה מקצועית

מסקנות מחקר והחלטה לקראת בנייה

דוח עבור יוסף | 7 בספטמבר 2026

המטרה: לחיצה אחת שמפיקה עור נקי, חלק ומשכנע, בלי כתמי צביעה, הילות או אובדן מרקם. הבעיה שהעלית היא איכות הניקוי עצמו. הסרת מחוון העוצמה אינה פותרת אותה.

מקרה הבוחן הקבוע הוא הקובץ istockphoto-971105428-2048x2048.jpg מתיקיית ההורדות 17072026. התמונה שנבדקה היא בגודל 1365×2048, עם פגמים רבים במצח, בלחיים ובסנטר. במחקר הזה לא נוצרה גרסה מעובדת חדשה שלה.

המסקנה שלי: צריך לבחור מנגנון שחזור שמסוגל לייצר עור משכנע, ורק לאחר הוכחת האיכות לחבר אותו לניקוי האוטומטי. עוד כוונון של ספי זיהוי, ערבוב צבע והחלקה אינו בסיס מספיק להבטחת התוצאה שאתה מבקש.

המחקר משלב מדריכי ריטוש של אנשי מקצוע, מאמרים מקוריים ומאגרי קוד של המחברים. ההשוואה בודקת גם אם אפשר להשיג מודל מאומן ולהפעיל אותו, מה הרזולוציה שלו ואילו מגבלות שימוש עדיין אינן פתורות.

הכיוון המומלץ לבדיקה הבאה הוא מודל ייעודי להסרת פגמי עור ושחזור מקומי, ובראשו RetouchFormer כמועמד להשוואה. זו המלצה לבדיקה, לא הכרזה שהוא כבר פותר את התמונה שלך. קיימות מגבלות רזולוציה, הורדה ורישוי שצריך לפתור לפני שילוב.

Xue | RetouchFormer: Semi-supervised High-Quality Face Retouching Transformer with Prior-Based Selective Self-Attention ואחרים, AAAI 2024; מאגר המחברים, נבדק 7.9.2026

ההפרדה החשובה בדוח: תיאור השיטות נשען על המקורות; התאמתן למוצר וסדר הבדיקה הם מסקנות שלי. שום מאמר שנמצא אינו מבטיח ניקוי מושלם ללא תופעות לוואי לכל תמונה.

מה עושים בריטוש מקצועי

שלוש בעיות שונות בתוך אותו אזור עור

מרקם: פצע, קילוף או בליטה דורשים תיקון של פרטי העור. מדריכי Healing מדגישים התאמה בין אזור הדגימה לאזור המתוקן במרקם, בחדות ובתאורה. טשטוש של פצע אינו שקול לשחזור עור תקין.

Working With The Healing Brush Tool | Lulie Talmor, Retouching Academy; תאריך מוצג 4.9.2020

בהירות מקומית: גם לאחר הסרת המרקם הפגום עלולים להישאר שקעים ובליטות במראה, בגלל מעברי אור וצל קטנים. עבודת Dodge & Burn מטפלת במעברים האלה. צריך להבחין בינם לבין הצללות רחבות שמייצרות את נפח הפנים.

Dodge and Burn: Working with Micro Transitions | Julia McKim, Retouching Academy; תאריך מוצג 21.1.2019

גוון: אדמומיות או כתם צבע יכולים להישאר גם כשהמרקם תקין. הפרדת תדרים מאפשרת לעבוד בנפרד על פרטים ועל צבע ומעברים רחבים. זו שיטת עבודה, לא הוראה להחליק את כל העור. במדריך PHLEARN משתמשים גם בצביעה בשכבת הצבע: עצם הפעולה אינה הכשל; המראה הצבוע שנשאר בתוצאה הוא הכשל.

Days of Photoshop: Frequency Separation | Aaron Nace, PHLEARN, 25.1.2020 30

מדריך Pratik Naik מציג רצף של ניקוי, עבודה על בהירות, הפרדת תדרים וצבע. אין פרמטר יחיד שמגלם את כל הפעולות האלה. גם ההמלצות לקשיחות מברשת שונות בין מדריכים, ולכן אין הצדקה להעתיק מספר אחד ולהכריז עליו כעל הגדרה מקצועית אוניברסלית.

Pratik's Retouching Guide | Pratik Naik, The Portrait Masters, עמ׳ 5-6; ללא תאריך מודפס

המשמעות למוצר: אפשר להשאיר למשתמש כפתור אחד, אבל המנוע צריך להבחין פנימית בין פגם במרקם, כתם צבע ומעבר בהירות. פשטות ההפעלה אינה מחייבת פעולה אחידה על כל פיקסל.

למה התוצאה נראית צבועה

מנגנוני כשל שיש לבדוק בתמונה שלך

זיהום מגבולות: צבע כהה או בהיר שנכנס לסביבת התיקון יכול להתפשט לתוך המילוי. תיעוד Adobe מציג במפורש בעיות כאלה ומסביר את השפעת הדיפוזיה. ליד גבות, שפתיים, קו שיער או פצע סמוך, ערבוב רחב אינו בהכרח משפר את התוצאה.

Adobe | Healing brush examples, עודכן 24.5.2023

מרקם מושאל שאינו מתאים: עור חד מדי, רך מדי או בעל צפיפות נקבוביות שונה יכול להיראות כמו טלאי גם כשצבעו קרוב. המקור המקצועי מדגיש בחירת דגימה דומה, ומזהיר שעבודה רכה וחוזרת יכולה ליצור אזורים מטושטשים וכתמיים.

Working With The Healing Brush Tool | Lulie Talmor, Retouching Academy

מחיקת מעברי אור: כאשר האזור המתוקן נעשה אחיד מדי, הוא מאבד את ההשתלבות בנפח הפנים. החזרת מעט פרטים חדים מעל צבע שטוח אינה מבטיחה תיקון של המעבר הבהיר או הכהה שנפגע. זו מסקנה הנדסית מההבחנה המקצועית בין מרקם לבין מעברי בהירות.

כיסוי לא נכון: מסכה קטנה יכולה להשאיר שפה של הפגם; מסכה רחבה יכולה לפגוע בעור התקין סביבו. Naik מתאר את המקבילה הידנית: גודל כלי לא מתאים משאיר שוליים או משפיע מחוץ ליעד.

Pratik’s Retouching Guide | Pratik Naik, The Portrait Masters

אלה הסברים סבירים למראה שעליו דיווחת, לא אבחנה מוכחת של התרומה של כל רכיב בקוד. כדי להכריע צריך בהמשך לראות בנפרד את מסכת התיקון, התוכן שנוצר והחיבור שלו למקור, באותם אזורים בתמונה שלך.

מבחן הבדיקה שאני ממליץ עליו: גם אם נסמן לצורך אבחון את הפגם בצורה מדויקת, האם המנוע מצליח לשחזר שם עור משכנע? אם התשובה שלילית, שיפור הזיהוי לבדו לא יפתור את הבעיה. הסימון יהיה כלי אבחון פנימי בלבד, ולא תחליף להסרה האוטומטית במוצר.

מודלים שאפשר לשקול לבדיקה

זמינות אמיתית חשובה לא פחות מהמאמר

RetouchFormer, AAAI 2024: משלב איתור פגמים ושחזור מקומי מתוך ידע נלמד על עור נקי. במאגר הרשמי קיימים קוד וקישור למשקולות ב-Baidu. ההורדה עצמה לא אומתה. בקוד טעינת התמונות הגודל קבוע ל-512 בצלע הקצרה; שינוי אפשרות הגודל בלבד אינו פותר זאת. לא נמצא רישיון גלוי בשורש המאגר שנבדק. מסקנתי: מועמד ראשון להשוואת איכות, עם פערים פתוחים לפני שימוש במוצר.

Xue | RetouchFormer ואחרים, AAAI 2024, מאגר המחברים
RetouchFormer: core/dataset.py | קוד המחברים, נבדק 7.9.2026

RetouchGPT, AAAI 2025: המשך רשמי המכוון לריטוש אינטראקטיבי בהנחיות טקסט. המאגר כולל רישיון MIT וקישור למשקולות. לא אומתו הורדה, סביבת הפעלה או התאמה לרזולוציה שלנו. הכיוון רלוונטי, אבל הדרישה שלנו אינה זקוקה לממשק שיחה. מסקנתי: חלופה לבדיקה אם המועמד הראשון אינו מתאים, ולא סיבה להוסיף מורכבות לממשק.

Xue | RetouchGPT: LLM-based Interactive High-Fidelity Face Retouching via Imperfection Prompting ואחרים, AAAI 2025, מאגר רשמי

BeautyGRPO, 2026: התאמה נלמדת למודל FLUX.1-Kontext-dev, עם קוד וקישור למשקולות שפורסמו במאי 2026. ברירת המחדל היא 1024. המאמר מדווח על יתרון בהעדפות משתמשים, אך אלה ניסויי המחברים, ובהשוואת שימור זהות מופיע גם מחיר אפשרי. רישיון MIT לקוד אינו מכסה אוטומטית את המשקולות: בסיס FLUX כפוף לתנאים נפרדים, ורישיון ההתאמה לא אומת כאן. מסקנתי: מועמד משני לבחינת איכות חזותית, עם תשומת לב לשינוי פרטים ולדרישות הפעלה שטרם נבדקו.

Yang | BeautyGRPO ואחרים, 2026, מאגר vivoCameraResearch
BeautyGRPO: Aesthetic Alignment for Face Retouching via Dynamic Path Guidance and Fine-Grained Preference Modeling | מאמר המחברים, 1.3.2026
FLUX.1-Kontext-dev | Black Forest Labs, כרטיס מודל ותנאי בסיס; נבדק 7.9.2026

מה ללמוד בלי להבטיח שילוב מיידי

ארכיטקטורות מועילות ופערי זמינות

BPFRe, CVPR 2023: הסרה ראשונית ולאחריה עידון מבוסס StyleGAN2, עם תשומת לב לאזורי הפגמים. לא אותר במחקר הזה מאגר רשמי עם מודל מוכן להפעלה. הוא תומך ברעיון של שחזור ייעודי לפגמים, אבל אינו כרגע מסלול מוכן להתקנה אצלנו.

Blemish-Aware and Progressive Face Retouching With Limited Paired Data | Xie ואחרים, CVPR 2023

AutoRetouch, WACV 2021: מחקר המגדיר הסרת פגמים זמניים תוך שימור מבנה, גוון ומרקם. המאגר הרשמי שאותר הוא מאגר הנתונים FFHQR, ולא מנוע מוכן עם משקולות. הוא חשוב גם להגדרת יעד מקצועי: תמונות ייחוס נערכו בידי ריטושאים. רישיון הנתונים אינו קובע לבדו את רישיון כל מודל שאומן עליהם.

AutoRetouch: Automatic Professional Face Retouching | Shafaei ואחרים, WACV 2021
FFHQR dataset | Skylab, מאגר רשמי ותנאי נתונים; נבדק 7.9.2026

מחקר ICCV 2025 על שחזור ספקטרלי משלב מידע במספר רמות פירוט כדי להתמודד עם פרטים מקומיים ועם צבע ומרקם רחבים. הדיפוזיה בשם המחקר משמשת ליצירת נתוני אימון; אין להסיק שמנוע ההפעלה מייצר מחדש את הפנים בדיפוזיה. הגישה מעניינת במיוחד לבעיית הטלאים, אבל לא אותרו קוד ומשקולות רשמיים. הגישה הישירה ל-PDF נחסמה; ההערכה כאן מוגבלת לתוכן המקורי שנחשף באינדקס החיפוש.

Face Retouching with Diffusion Data Generation and Spectral Restorement | Xu, Zhang, Lu, ICCV 2025

ABPN ו-ModelScope: אין להציג אותם כגילוי חדש שפותר את הכשל הקיים. מאגר המחברים מבחין בין המאמר לבין מימוש המשתמש ברעיון שכבת הערבוב. בקוד ModelScope יש שחזור פגמים מקומי לצד עיבוד גוון; בדיקת גלאי הפגמים בלבד אינה בדיקת כל השרשרת. אין בכך הוכחה ששרשרת זו תשפר את התוצאה אצלנו.

CRHD-3K / ABPN | Lei ואחרים, CVPR 2022, מאגר המחברים
Skin retouching pipeline | ModelScope, קוד רשמי; נבדק 7.9.2026

עקרונות שכדאי לקחת לבנייה

טיפול במקור הפגם ושמירה על הסביבה

במחקר הפיזיקלי CGFR מפרידים רכיבי צבע הקשורים למלנין ולהמוגלובין, מעריכים את תרומת הפגם ומפחיתים אותה תוך שימור המרקם. היתרון הרעיוני: לא חייבים לצבוע מחדש את כל הרקע כדי להחליש כתם. המגבלות מפורשות: בחירה ידנית של אזור הפגם והיעדר בדיקה בתאורה מורכבת. זו אינה מערכת אוטומטית מלאה להסרת כל פצע, ובפרט אינה פתרון מוכח לפגיעה במרקם.

Controllable and Gradual Facial Blemishes Retouching via Physics-Based Modelling | Shuai ואחרים, ICME 2024; פורסם 19.6.2024

PatchMatch מלמד כיצד לחפש התאמות בין טלאים ביעילות, ויכול לתמוך במילוי אזורים מתוך תוכן מתאים. הוא אינו יודע מעצמו איזה עור צריך להסיר או מהו ריטוש מקצועי. קוד הליבה שמציע דף המחברים מוגבל למחקר לא מסחרי, ויישומי הסינתזה אינם כלולים בו. אין הצדקה לבחור בו כפתרון מוכן רק בגלל שם מוכר.

PatchMatch: A Randomized Correspondence Algorithm for Structural Image Editing | Barnes ואחרים, SIGGRAPH 2009, דף מחברים

מסקנות התכנון שלי מהמקורות: קודם לשמור על מבנה הפנים ועל התאורה הרחבה; לשחזר מרקם רק במקום שנדרש; לטפל בשאריות צבע ובהירות בלי להשטיח את העור; לבדוק את החיבור גם בטבעת שמסביב לתיקון; ולהימנע מהחזרת פרטים מקוריים שמחזירה יחד איתם את הפגם.

אלה אילוצים לבחירת מנוע ולבדיקתו. אין טענה שחיבור ידני שלהם, או הוספת רעש המדמה נקבוביות, יפיק כשלעצמו איכות מקצועית. המנוע הקיים כבר כולל פעולות מילוי וערבוב; שינוי שמות הרכיבים אינו שינוי באיכות.

בחירת החומרים אינה צריכה להישען רק על תמונות השיווק של מאמר. צריך להבחין בין קוד שקיים, משקולות שניתנות להורדה, ריצה שהצליחה, ותוצאה שעומדת בבדיקה חזותית על התמונה שלנו. במחקר הנוכחי אומתה רק הזמינות המתוארת במקורות, ולא בוצעו הורדות מודלים או מבחני תמונה חדשים.

איך ממשיכים מכאן באופן מבוסס

קודם הוכחת שחזור בתמונה שלך

1. מקבעים את התמונה המקורית ואת אזורי ההשוואה: מצח, שתי לחיים וסנטר, יחד עם התמונה המלאה. שומרים רזולוציה, חיתוך ותצוגה עקביים. הפלט הקיים נשאר נקודת השוואה לכשל שעליו הצבעת.

2. פותרים את פערי ההפעלה של המועמד הנבחר לפני שילובו: גישה למשקולות, תנאי שימוש, תלות בחומרה ורזולוציה אמיתית. הגדלת פלט של 512 פיקסלים לגודל המקור אינה הוכחה לשימור פרטיו. אם אין גישה מעשית, עוברים לחלופה מתועדת במקום להמציא שחזור דומה מאפס.

3. בודקים בנפרד את איכות השחזור ואת איתור הפגמים. אם צריך, משתמשים בסימון מדויק לצורך אבחון של אזור בעייתי. הצלחה עם סימון אינה הצלחה של המוצר האוטומטי; היא רק מוכיחה שיש טעם להמשיך לשלב הזיהוי.

4. בודקים תוצאה מלאה בלחיצה אחת. תנאי המעבר שאני מציע: הפגמים הבולטים טופלו; אין טלאי צבע, שוליים או מריחות; המרקם משתלב בחדות המקור; הגבות, השפתיים, השיער ונפח הפנים נשמרו; ואין שינוי בלתי רצוי בגוון הכללי. הבדיקה נעשית בגודל צפייה רגיל וגם ב-100%, בצבע ובהירות, ובהחלפה מהירה בין לפני ואחרי.

5. רק אחרי שהמקרה הזה נראה מקצועי, מרחיבים בדיקה לתמונות נוספות לפני הכרזה על כלי כללי. תוצאה טובה על תמונה אחת נחוצה כאן, אך אינה מספיקה להוכחת אמינות על כל פנים ותאורה.

מספר הפגמים שהגלאי סופר אינו מדד מספיק: גם טשטוש חזק יכול להקטין אותו. המדד המכריע כאן הוא איכות התמונה והשימור של העור התקין. היעד נשאר כפתור ניקוי אחד; ההחלטות המקומיות יתקבלו במנוע.

גבולות המחקר: חלק מהמועמדים נגישים רק כמאמר או כקישור למשקולות שטרם הורדו; מגבלות אלה צוינו לידם. מדריכים ידניים מספקים קריטריונים, לא הוכחה למימוש אוטומטי. סרטונים משובצים לא נצפו ולא מוצגים כמקורות שנלמדו. המחקר הופסק לאחר שלשאלות המרכזיות נמצאו מקורות ראשוניים, והפערים שנותרו דורשים גישה למודלים ובדיקת תוצאה, ולא עוד חיפוש כללי.

ההחלטה המומלצת: לעבור בהמשך להשוואה מוגבלת של מנגנון שחזור ייעודי על הקובץ המדויק שלך. אין עדיין בסיס להבטיח שלמות או להכריז שהניקוי תוקן. יש כעת בסיס מחקרי ברור לבחירה, לבדיקה ולפסילה של פתרונות לפני שהם נכנסים לכלי.