

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר
לקרן המדען הראשי**

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
857 - 0672 - 11	פיתוח שיטה לזיהוי אוטומטי של מחלות בתפוחי אדמה על פי תמונות דיגיטליות

ג. כללי		
מוסד מחקר של החוקר הראשי		
אוניברסיטת בן גוריון		
סוג הדו"ח	תאריכים	
שנתי	תקופת המחקר	
	עבודה מוגש הדו"ח	
	התחלה	סיום
	שנה חודש	שנה חודש
	12 / 2011	11 / 2013
	שנה חודש	שנה חודש
	12 / 2013	12 / 2013

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	חוקר ראשי
שני	גיא	
חוקרים משניים		
1	לאה	צרוך
2		
3		
4		
5		
6		
7		

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
משרד החקלאות	02-6382	50,000

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים מחקר זה מתמקד בזיהוי אוטומטי של מחלות בתפוחי אדמה על פי תמונות דיגיטליות. במהלך המחקר יאספו אלפי תמונות מתיוגות של תפוחי אדמה הנגועים במחלות. לאחר מכן נשתמש בטכניקות מתחום למידת מכונה (machine learning) על מנת לבנות מסווגים (classifiers) המסוגל, בהנתן תמונה חדשה של תפוח אדמה, לזהות את סוג המחלה בה הוא נגוע. במקביל, על מנת לזהות את טיב המסווג, יתקיים ניסוי בו יתבקשו מומחים להתבונן בתמונות של תפוחי אדמה ולסווג את המחלה בה הם נגועים, בדומה לפעולת המסווג האוטומטי. באופן זה נוכל להשוות בין ביצועי המערכת האוטומטית לביצועי מומחים אנושיים. במהלך המחקר אספנו 1900 תמונות מתיוגות, והרצנו סדרה של אלגוריתמים להשוואת תמונות לזיהוי המחלה. התוצאות הטובות ביותר הן זיהוי בדיוק של 98%. אלו תוצאות מבטיחות ביותר, ואנו עובדים על האצת האלגוריתמים.

ו. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

חוקר ראשי	מנהל המחלקה	מנהל המכון (פקולטה)	אמרכלות (רשות המחקר)	רשות המחקר	תאריך (שנה) (חודש) (יום)
-----------	-------------	---------------------	----------------------	------------	--------------------------

תקציר

הצגת הבעיה: מחלות רבות של תפוחי אדמה מתאפיינות בסימנים ויזואליים על גבי הפקעות. על ידי בניית בסיס נתונים של תמונות מתויגות של פקעות תפוחי אדמה נגועות, ניתן לבנות מערכת זיהוי אוטומטית למחלות המבוססת על השוואת תמונות וזיהוי סימנים ויזואליים בתמונה.

תוצאות עיקריות: בניית מערכת זיהוי אוטומטית למחלות על גבי תפוחי אדמה. המערכת תוכל לפעול בכמה יישומים, כגון זיהוי אוטומטי של מחלות על גבי פקעות לזריעה, זיהוי אוטומטי של מחלות על גבי תפוחי אדמה בבית האריזה, וזיהוי אוטומטי מכוון על פי שאילתות של חקלאים בזמן אמת.

המערכת תשתמש בשיטות מתחום למידת המכונה (machine learning) על מנת לזהות מאפיינים המסייעים בסיווג (classification) של תמונת תפוח האדמה. מאפיינים אלו יילמדו מראש וישמרו כמודל סטטיסטי המאפשר מענה מהיר בזמן אמת.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות: עד לשלב זה נוסו מספר שיטות לזיהוי מאפיינים המגיעות לרמת דיוק של כ-98%. המודל טוב משמעותית ממודלים סטטיסטיים פשוטים כגון חוק הרוב.

גוף הדו"ח

מבוא

בשלב שונים במהלך גידול תפוחי האדמה נדרשת בדיקה של הפקעות לצורך זיהוי מחלות. עוד טרם למועד זריעת תפוחי האדמה מושקע מאמץ ניכר בבדיקת פקעות הזריעה המגיעות מחו"ל וביהוי תפוחי האדמה הנגועים, במיונם, בזיהוי רמת הנגיעות, וכן הלאה. עבודה זאת דורשת כוח אדם ניכר ועלות נכבדת. מאוחר יותר, תוך כדי תהליך הגידול, עלולים חקלאים להתקל בצמחים חולים. במקרים כאלו יש לאבחן את המחלה ולהחליט האם נדרשת פעולה כגון ריסוס. לבסוף, לפני שתפוחי האדמה נשלחים לשווקים, הם עוברים מיון בבית האריזה, המתבצע בד"כ בעבודת כפיים מייגעת ויקרה.

מחלות רבות של תפוחי אדמה מתאפיינות בתסמינים ויזואליים על גבי הפקעת. ניתן כיום לצלם במהירות באופן דיגיטלי פקעות תפוחי אדמה על מנת לזהות על גביהן את התסמינים הויזואליים. מערכת אוטומטית המבוססת על זיהוי המחלה על פי תמונה דיגיטלית יכולה לסווג במהירות רבה כמות גדולה של פקעות, ובכך לחסוך עבודת כפיים קשה ויקרה.

ישנן שיטות רבות לעיבוד ולזיהוי תמונות דיגיטליות, כגון כתיבה ידנית של חוקים המזהים מאפיינים ויזואליים ספציפיים כגון צבע או מרקם ומשייכים אותם למחלה מסוימת. בפרויקט זה בחרנו להתמקד במערכת שונה, המבוססת על מודלים סטטיסטיים הנלמדים אוטומטית.

לצורך בניית המודלים אספנו בסיס נתונים גדול של תמונות של פקעות מתויגות על פי המחלות. בסיס נתונים זה נאסף בסיוע של עובדי מרכז גילת. במהלך מיון הפקעות לזריעה, צולמו תפוחי האדמה שזוהו כנגועים כאשר עבור כל תמונה אנו שומרים את סוג המחלה שזוהתה על ידי המומחים העוסקים בתהליך המיון.

בשלב הבא השתמשנו בשיטות מתחום למידת המכונה (machine learning) על מנת לזהות עבור כל תמונה מאפיינים ויזואליים (feature extraction). בעזרת מאפיינים אלו נבנה אוטומטית מסווג (classifier) המקבל כקלט תמונה של פקעת נגועה ומחזיר רשימה של מחלות אפשריות, בסדר סבירות יורד.

התוצאות הראשונות נראות מבטיחות, ומראות כי גם טכניקות פשוטות יחסית מאפשרות לזהות בתמונה מחלות. ברור לכן כי המאפיינים הויזואליים שבתמונות אכן ניתנים לזיהוי ואיסוף ומשמשים אינדיקציה למחלה.

אנו בוחנים כעת שורה של גישות שונות ואלגוריתמים שונים שיעלו את הדיוק של הערכות המערכת.

רקע מדעי

חשיבותן של מחלות הפוגמות באיכות פקעות תפוא"ד (Blemish diseases) התגברה בשנים האחרונות לאור העובדה שפקעות תפוחי אדמה משווקות כיום לאחר שטיפה החושפת את פגמים על פני הפקעות. עובדה זו פוגעת בערך השיווקי של היבול. בנוסף, כאשר נעשה שימוש בפקעות זריעה נגועות בגורמי מחלה, שחלקם הגדול עלול להתבסס בקרקע, נוצר מצב מסוכן של אילוח קרקעות. הבעיה מחריפה וגוברת במחזורי גידול בהם נזרעים גידולים רגישים למחלות בתדירות גבוהה, ומחייבת נקיטת אמצעים חריפים לחיטוי הקרקע.

המקור העיקרי של גורמי המחלות הוא בחומר הריבוי המיובא מידי שנה מצפון אירופה, ובחומר ריבוי מקומי המיוצר לקראת עונת הסתיו-חורף. הפקעות נושאות בתוכן ועל גבי שטח הפנים שלהם את הפתוגנים שנחשפו אליהן במשך הגידול הכוללים פטריות, חיידקים ונמטודות. יבוא מחלות והעברתם בין חלקות מתרחשים תוך כדי שתילת כמות גדולה מאוד של חומר ריבוי, ולכן, שימוש בפקעות זריעה נקיות ממחלות הוא אחד האמצעים החשובים במניעת מחלות הגורמות להפסדי יבול, פוגעות באיכות התוצרת, ומניעת אילוח קרקעות. שרותי הביקורת של משרד החקלאות וארגון המגדלים עושים מאמץ רב במניעת הכנסת מחלות הסגר על גבי הזרעים, ובפיקוח על רמת המחלות המותרות לייבוא. בין המחלות החשובות הפוגעות בעיקר באיכות הפקעות: ריזוקטוניה, כתמי כסף וניקוד שחור (קולטוטריכום).

מחלת הריזוקטוניה: הפטריה *Rhizoctonia solani* הינה שוכנת קרקע, רב פונדקאית הגורמת למחלות חולי נופל בגידולים רבים. הנזקים בתפוא"ד מתבטאים בנזק לאיכות היבול שהבולט בהם הוא הופעת קשיונות שחורים על פקעות בת. בנגיעות קשה אף מתפתחים סדקים ועוותים בפקעות. בניטור מחלות בפקעות זריעה של תפוא"ד שנערך בשנים האחרונות נמצא כי רק 29% מאצוות היבוא היו נקיות מריזוקטוניה; 37% נגועות ברמה נמוכה ו- 40% נגועות ברמה בינונית-גבוהה. לעומת זאת, מרבית האצוות המקומיות המיועדות לסתיו היו נקיות (69%). אמנם, פקעות הזריעה מהוות מקור חשוב באילוח, אך גם למידבק שמקורו בקרקע חשיבות רבה.

מחלת כתמי הכסף: הפטריה *Helminthosporium solani* פוגעת באיכות הפקעות ובדרך כלל אינה גורמת לפחיתת יבולים. הנזק הנגרם ע"י הפטריה מתבטא בהופעת כתמים אפורים כסופים לא-רגולריים על פני הפקעת, כאשר הנזק בולט יותר בזנים האדומים. הכתמים מהווים נקודות תורפה דרכם מתרחש איבוד לחות ואכן במהלך אחסון ממושך מאבדות הפקעות את מוצקותן, הן מצטמקות וכתוצאה מכך גדל פחת משקל. מקור המידבק העיקרי הוא נבגי הפטריה הנישאים על גבי פקעות הזריעה; כושר השרדות הפטריה בקרקע על גבי שאריות צמחים מוגבל וקצר יחסית, ומשום כך הדברת המחלה נעשית באמצעות טיפולי זרעים מתאימים. המחלה נמצאה ברמה בינונית ב- 48% מאצוות הזרעים המיובאים, וברמה גבוהה ב- 35% מהאצוות. רק כ- 7% מהאצוות היו נקיות מהמחלה. לעומת זאת, מחצית האצוות המקומיות היו נקיות מהמחלה, כ- 36% נגועות ברמה בינונית ורק 4% היו נגועות ברמה גבוהה.

מחלת הניקוד השחור (קולטוטריכום): הפטריה *Colletotrichum coccodes* מועברת ומופצת על ידי פקעות זריעה (על פני הפקעות ובתוך צרורות ההובלה), הפטריה שוכנת קרקע ושורדת באמצעות קשיונות למשך מספר רב של שנים, ובנוסף היא מופצת באויר באמצעות הנבגים במהלך הגידול. מחלה זו פוגעת

באיכות הפקעות ועלולה אף לגרום פחיתת יבול, בייחוד בתנאי עקה. הסימפטומים של המחלה כוללים הצהבת עלים, נבילה ותמותה מוקדמת של צמחי תפוא"ד. על גבי הפקעות מופיעים כתמים אפורים-כסופים מלווים בקשיונות שחורים של הפטריה (הסימנים דומים לאלה הנגרמים ע"י פטריה הגורמת למחלת כתמי הכסף), בנוסף מופיעים קשיונות גם בגבעולים תת-אדמתיים, בסטולונים ובשורשים. בעבר אובחנה המחלה בזרעים מיובאים (55% מהאצוות מהולנד היו נגועות, 28% מצרפת, 19% מגרמניה, ו-6% מסקוטלנד), ואילו בזרעים המקומיים רק בשנת 2000 (5% מהאצוות נמצאו נגועות). שיעור הנגיעות הסמויה בקולטוטריכום (בצרורות ההובלה של הפקעות) בזרעי היבוא היה כ-70% ובמקומיים רק 3%. לפי דווחי המגדלים לא נגרמים נזקים ברמת היבולים, כנראה הודות לתנאי גידול מיטביים. המחלה מתבטאת מאוחר, אך אילוח החלקות באמצעות גבעולים יבשים הנשארים בחלקה עלול להשפיע על המחזור הבא של תפוא"ד.

מטרות המחקר המקדים:

1. איסוף מאגר גדול של תמונות מתויגות של מחלות.
2. פיתוח אלגוריתם לזיהוי מחלות על פי תמונות דיגיטליות.

פירוט עיקרי הניסויים לתקופת הדו"ח:

1. איסוף תמונות מתוגות של מחלות

איסוף התמונות בוצע בשני מועדים שונים, בנובמבר 2011, בדצמבר 2012, ובדצמבר 2013. טבלה 1 מראה את חלוקת התמונות על פי מחלות. התמונות רוכזו בבסיס נתונים המאפשר ניתוח מהיר של מאפייני התמונה ושמירתם, כך שבזמן בניית המודל ניתן יהיה להתשמש במאפיינים ישירות, מבלי לנתח שוב ושוב את התמונה.

טבלה 1: חלוקת המחלות בין התמונות שצולמו

מחלה	קבוצה 1 (נובמבר 2011)	קבוצה 2 (דצמבר 2012)	קבוצה 3 (דצמבר 2013)
קולטטריכום	329	105	112
רזיקטוניה	147	2	57
כתמי כסף	301	199	155
פוזריום	18	10	0
גרב רגיל + אבקי	260	28	176
סה"כ	1055	344	500

יצויין כי התמונות צולמו בעזרת מצלמות דיגיטליות פשוטות וזולות, ללא ציוד עזר כגון מעמד או תאורה מסייעת.

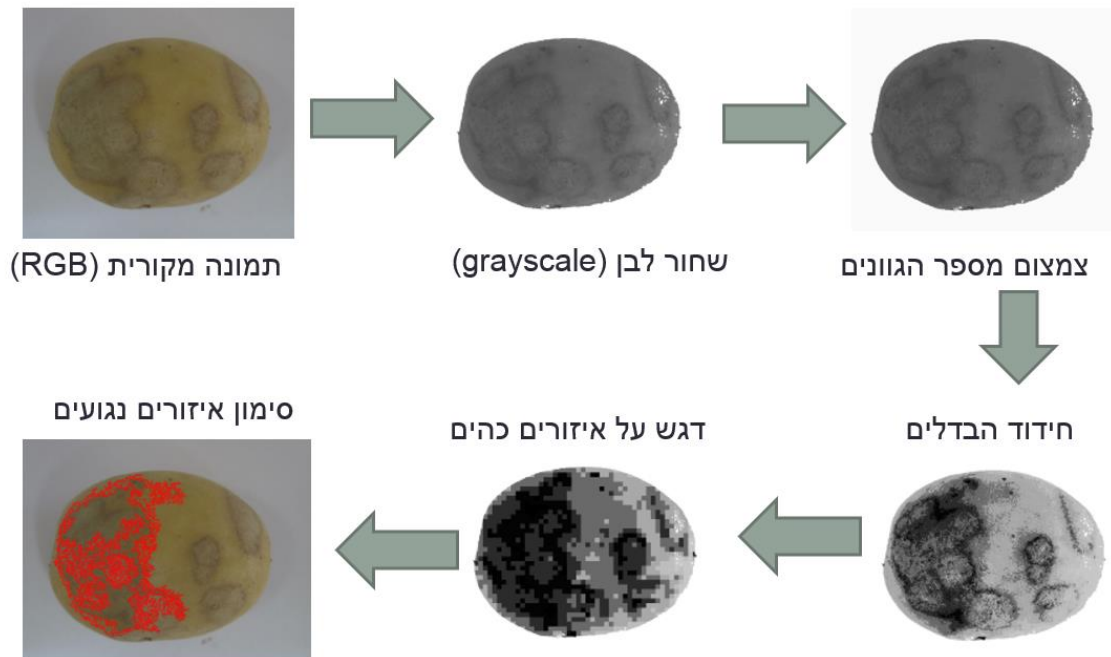
2. זיהוי איזורים בעלי מאפיינים ויזואליים יוצאי דופן

בהנתן בסיס הנתונים שנאסף, יצרנו אלגוריתם המזהה על גבי תמונת הפקעת הנגועה איזורים בולטים ויזואלית, כגון כתמים או נקודות שחורות. איזורים אלו ישמשו בשלב הבא לבניית מודל סטטיסטי המאפיין מחלות על פי מאפיינים ויזואליים באיזורים אלו בלבד. לזיהוי איזורים יוצאי דופן השתמשנו בתהליך הבא:

- א. מעבר מייצוג תלת מימדי של פיקסלים בתמונה (RGB) לייצוג חד מימדי (grayscale). ייצוג זה מאפשר לנו להגדיר בקלות יחסית סקלה של בהירות.
- ב. הפחתת כמות הצבעים בתמונה ל-8 בלבד. יצירת פריסה אחידה של הגוונים בטווח 0-256 להדגשת ההבדלים בין הגוונים. כל הפיקסלים בעלי רמת הבהירות הגבוהה ביותר (לבן) יחשבו כרקע ויוסרו מהתמונה.
- ג. דיסקרטיזציה של התמונה להדגשת איזורים כהים. עבור כל פיקסל כהה, יצבע הריבוע בגודל 10×10 מסביבו בצבע הכהה.
- ד. זיהוי קווים רציפים בעלי צבע כהה אחד. ננוע מהצבעים הכהים ביותר לבהירים. עבור כל צבע נאתר איזורים רציפים ("קווים"). האלגוריתם מבוצע על ידי מציאת פיקסל יחיד בעל צבע נתון, ומעבר אל כל השכנים המידיים שלו שהם בעלי אותו צבע וטרם ביקרנו בהם. האלגוריתם מסתיים כאשר לא נותרו שכנים בעלי אותו צבע שטרם ביקרנו בהם. במידה והקווים יוצרים צורה סגורה, יוגדר כל האיזור התחום על ידי הצורה כאיזור אחד, גם אם הוא מכיל בתוכו פיקסלים בהירים יותר.
- ה. נתעלם מאיזורים בגודל קטן מ-4000 פיקסלים היכולים לסמן רעש כגון שריטות על הפקעת, בליטות קלות וכדומה.

האלגוריתם מכיל מספר בחירות בערכים מספריים שונים שנקבעו לאחר ניסיונות רבים של מגוון ערכים מספריים. הערכים המדווחים הם אלו שיצרו את התוצאה הטובה ביותר. יש לשים לב כי תוצאת האלגוריתם הינה הגדרת האיזורים הנגועים. בשלבים מאוחרים יותר יזוהו מאפייני האיזור הנגוע על גבי התמונה המקורית ללא הטרנספורמציות שהוגדרו עבור אלגוריתם הזיהוי.

איור 1: שלבי האלגוריתם לזיהוי איזורים בעלי מאפיינים ויזואליים יוצאי דופן.



3. בניית מודלים סטטיסטיים לזיהוי מחלות ובדיקת מידת דיוקם

עבור כל איזור שאופיין כחריג ויזואלית, אנו מחשבים קבוצה של מאפיינים ויזואליים. מאפיינים אלו ישמשו אחר כך לאלגוריתם machine learning לבניית מסווגים עבור המחלות. הנחת היסוד היא כי חלק מהאיזורים מכילים תסמינים ויזואליים של המחלה. להלן טבלת המאפיינים אותם חישבנו.

שם המאפיין	הסבר
Avg	ממוצע הצבעים באזור הנבחר
Var	שונות הצבעים
Perimeter	היקף השטח החולה (במספר פיקסלים)
AreaSize	כמות הפיקסלים האזור החולה
AvgBlue	ממוצע הצבעים הכחולים
AvgGreen	ממוצע הצבעים הירוקים

ממוצע הצבעים האדומים	AvgRed
כמות השטחים הנפרדים (ללא רצף טריטוריאלי) באזור החולה	NumOfStains
השונות בקוארדינטה X של הפיקסלים באזור הנבחר	xVAR
השונות בקוארדינטה Y של הפיקסלים באזור הנבחר	yVAR
ממוצע המרחקים בין כל פיקסל באזור החולה לשכנים שלו . פונק המרחק – $\cos\text{-sim}$	TEXTURE_AVG
שונות המרחקים בין כל פיקסל באזור החולה לשכנים שלו . פונק המרחק – $\cos\text{-sim}$	TEXTURE_VAR
כל מאפיין התפלגות הוא כמות הפיקסלים באזור החולה בתמונה המואפרת הנמצאים באינטרוול מסוים בין 0 ל256 בקפיצות של 10 . (למשל המאפיין התפלגות הראשון Dist1, הוא כמות הפיקסלים שרמת ההשחרה שלהם בין 0 ל10 , Dist2- בין 10 ל20 וכן הלאה ..)	26 מאפייני התפלגות הנקראים Dist_i

באלגוריתם הלמידה נייצג כל פקעת על ידי האיזורים החריגים שלה, כאשר כל איזור ייוצג על ידי ווקטור המאפיינים הויזואליים שלו.

כעת נבנה מסווג בינארי (binary classifier) עבור כל סוג מחלה. כלומר, עבור כל מחלה ניתן לאלגוריתם הלמידה כדוגמאות חיוביות בקלט את ווקטורי המאפיינים של כל האיזורים המוכלים בפקעות שסווגו כנגועות במחלה. כל שאר הפקעות יסווגו כדוגמאות שליליות למחלה הנוכחית. השתמשנו באלגוריתם הלמידה AdaBoost1 עם Logistic regression הממומש בחבילת Weka. לאחר בניית מסווג עבור כל מחלה, בהינתן פקעת כלשהי, נוהה את האיזורים הנגועים בה ונחשב את מאפייניהם הויזואליים. נזין כל אחד מהמסווגים במאפיינים שחושבו ונקבל את הסיווג (חולה או לא חולה במחלה של המסווג) ואת הסתברות הסיווג. נדווח את המחלה שסווגה בסבירות הגבוהה ביותר.

על מנת למדוד את איכות האלגוריתם חילקנו את התמונות לקבוצת אימון וקבוצת בדיקה (training and testing sets). אנו לומדים מסווג על קבוצת האימון, ומפעילים אותו על קבוצת הבדיקה, בכדי להימנע מתופעת ה-overfitting. קבוצת הבדיקה כללה 250 פקעות. התוצאות של אלגוריתם זה הגיעו לדיוק ממוצע של 98% בסיווג מחלות.

ניתן בנוסף להתבונן ב-confusion matrix בכדי להבין טוב יותר את תוצאות הניסוי.

סוג מחלה				סיווג
קולטטריכום	רזיקטוניה	כתמי כסף	גרב רגיל	
29				קולטטריכום
	74	1		רזיקטוניה
		47		כתמי כסף
2	2		95	גרב רגיל

ניתן לראות כי אחוז השגיאות הגבוה ביותר הינו לגבי פקעות הנגועות בקולטטריכיום וסווגו כנגועות בגרב רגיל. הדיוק הטוב ביותר היה לגבי פקעות עם גרב רגיל שזוהו תמיד נכונה. תוצאות אלו מראות כי השיטה שבחרנו משיגה אחוזי דיוק גבוהים מאוד. כמו כן סביר כי אחוזי הדיוק של האלגוריתם טובים עוד יותר, משום שיתכן ופקעת נגועה ביותר ממחלה אחת, אך מופיעה בבסיס הנתונים רק תחת אחת המחלות. על פקעות אלו האלגוריתם עשוי לזהות את שתי המחלות, אך לקבל שגיאה בשל התיוג הלא נכון בבסיס הנתונים.

עם זאת, יצויין כי אלגוריתם זיהוי האיזורים החריגים ויזואלית אינו מהיר דיו בכדי להשתמש במערכת בזמן אמת. השלב הבא אם כן ידרוש שיפור זמני הריצה של אלגוריתם זה. הוצאת המאפיינים הויזואלים והפעלת המסווג יכולים להעשות במהירות רבה מאוד.

3. מדידת איכות הסיווג על פי תמונות של מומחים אנושיים

זיהוי המחלות על ידי המומחים במהלך מיון הפקעות לזריעה מתבצע באופן ידני. כך יכול המומחה להשתמש גם במישוש, בסיבוב תפוח האדמה ובמידע נוסף שאינו זמין עבור תמונות דיגיטליות. יתכן, לכן, שהמידע הנמצא בתמונות אינו מאפשר אותה רמת זיהוי אליה מגיעים המומחים.

על מנת להעריך את המידע הגלום בתמונות בנינו אפליקציה המאפשרת למומחים לעבור על תמונות ולזהות את המחלה בה נגוע הפקעת המוצגת. באופן זה נוכל לבדוק מה ההשפעה של המידע הנוסף שאינו טמון בתמונה על תהליך הזיהוי. האפליקציה נמצאת בימים אלו בידי מומחי המרכז המחקרי בגילת, ואנו מצפים לקבל בקרוב תוצאות של איכות הזיהוי של מומחים על פי תמונות.

האפליקציה מוצגת באיור 2. האפליקציה מציגה בכל שלב תמונה אקראית מתוך בסיס הנתונים שנאסף. האפליקציה מאפשרת למומחה להתמקד (zoom in) באזורים כרצונו בתפוח האדמה. לבסוף, על המומחה לבחור מחלה מבין רשימת מחלות אפשריות, הכוללת גם את האפרויות "לא יודע" ו-"אין מחלה". לחיצה על "המשך" תעלה את התמונה האקראית הבאה. לחיצה על "סיום" תסיים את העבודה ותשלח את התוצאות לניתוח.

איור 2: אפליקציה לזיהוי מחלות בתפוחי אדמה על פי תמונה.



סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
1. איסוף מאגר גדול של תמונות מתויגות של מחלות.
2. אישור ראשוני כי ניתן באמצעות התמונות שנאספו לזהות מחלות.
עיקרי התוצאות.
נאסף מאגר תמונות המכיל כ-1900 תמונות מתויגות של תפוחי אדמה נגועים. חושבו איזורים בולטים ויזואלית. חולצו מהאיזורים מאפיינים סטטיסטיים ויזואליים.
נבנה מודל המאפשר זיהוי של מחלות תפוחי האדמה ברמת דיוק של כ-98%.
בנוסף נבנתה אפליקציה המאפשר למומחים לזהות מחלות מתוך תמונות, על מנת להבין את כמות המידע המוכלת בתמונות ואת יכולת הדיוק העליונה של המערכת (gold standard).
מסקנות מדעיות והשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
ברור כי ניתן לאסוף בסיס נתונים של תמונות מתויגות. ניתן להפיק מהתמונות מידע רלוונטי לזיהוי מחלות. ניתן לבנות אלגוריתמים המספקים רשימת מחלות אפשריות בדירוג סבירות יורד בדיוק טוב.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות
1. שיפור זמני הריצה של האלגוריתם.
2. איסוף נתונים ממומחים לגבי יכולת הזיהוי של מחלות מתמונות.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטוט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;
נכון לעכשיו טרם פורסמו התוצאות
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
◀ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? התוכנית כבר הוגשה ואושרה