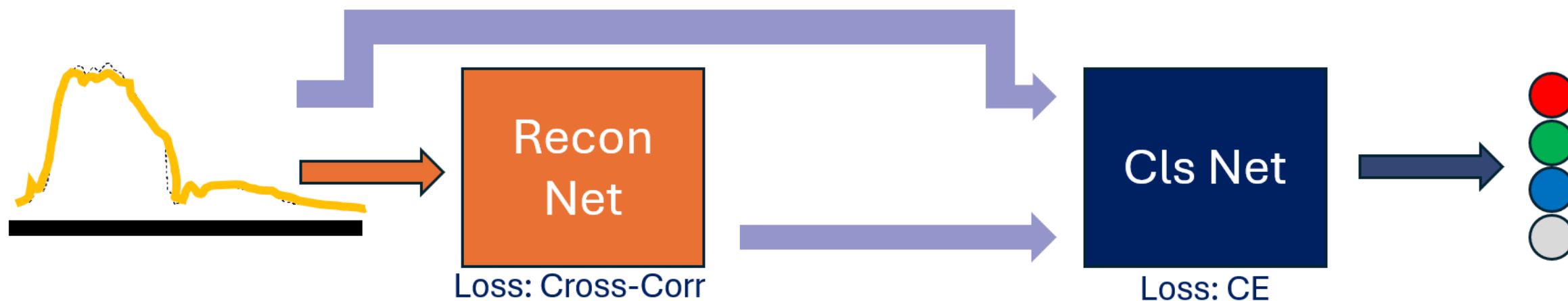
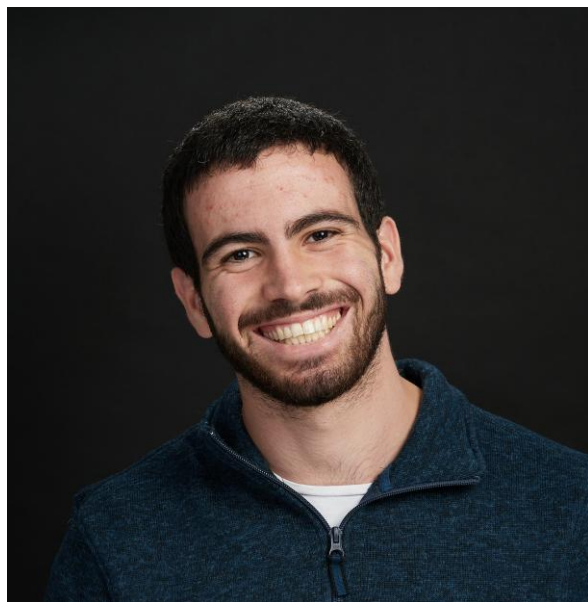


HSI Scene-adaptive Material Trace Detection Learning using Physics-Guided Model



- **Students:** Ziv Krieger, Sagi Alon
- **Supervisor:** Alexander Balbanov
- **Advisors:** Dr. Shai Kendler & Prof. Barak Fishbain

Who we are



Sagi Alon



Ziv Krieger

„זיהיתי את המטען 10 דקות לפני שהתפוצץ ופצע את החבלן“

מספר נהג אוטובוס דן, שמואל יכין, שמנע אסון כבד ליד התחנה המרכזית בת"א, בהורידו בעוד מועד את הנוסעים * המטען התפוצץ ופצע חבלן משטרה * ייבדק אופן הטיפול במטען

מאת מיריבי אלקן

וירחשע כהנא

זיהיתי את מטען הנפץ בשקית הפלסטית הנמוגה מתחת לספסל פתוח בעשור דקות מוקד י"א המיטען התפוצץ ופצע את חבלן המשטרה. — מיכאל יכין, נהג אוטובוס "דן" בקו 26, שמואל יכין, בן 35, מרמת גן.

כוחות בטחון ערכו בליל שבת סריקות במקומות מגוריהם של נרבים חושבים ששומרים בתל-אביב, יפו, חיפה לון ובתיים. במטרה לעצור אנשים העשויים להביא אליהם בידתם של מניחי חומרי הנפץ בשבוע שעבר בתל-אביב. חלק מבין 59 החשודים שניצצו ביום ו' לאחר הפיצוץ בתחנה המרכזית ובליל שבת, נשארו במעצר.

אמש והבוקר נחסמו מבואות תל-אביב לבדיקות יסודיות בכלי-הרכב המגיעים מן השטחים ובמכוניות השונות. נהג האוטובוס מנע אסון גדול בנפשו באופן טיפולו ב"הורדת הנוסעים והסימת ה" תנועה לכלי רכב במקום סור אן ליד התחנה המרכזית של תל-אביב.

הוא סיפר: אחת הנוסעות הבחינה בשקית פלסטית חשודה מתחת לספסל. הנוסעת העדיפה לו על השקית הייתה אן מטרים אח"י דים מהתחנה שלי בדרך פתח תקוה, ליד קיר האבן של חצר חב"ת השמל ומול התחנה המרכזית של תל-אביב. שקד"ת על הנוסעים לרדת מיד מן האוטובוס, בלי בהלה. אחרי כן קירבתי את האוטובוס ככל האפשר סמוך לגדר האבן של חצר חב"ת השמל. משום ש"הגדר גרמתי לי עשויה מבטון מזויין ועבה די הצורך על מנת לבלום תדף אוריר ונוקמים במטרה של התפוצצות. הסתכלתי בשקית וראיתי פה עם צבע צהוב-מחוד הפחית בלט החוצה צנור ברזל בקוטר שני אול עם מערכת חוטי חשמל. ביקשתי מיד מחילי, שתהיה בין נוסעי האוטובוס, לפצות את תנועת כלי הרכב, כמיוון בית



קציני משטרה בודקים את המקום שבו התפוצץ המטען. מימין — האוטובוס שבו נמצא המטען. למעלה משמאל: שמואל יכין, נהג האוטובוס, שעירגותו מנעה אסון כבד.

(צילום: שעה סגל, 24-פלוס)

דים. החוט ננעץ ברגלו של החבלן בעת הפיצוץ. כאשר נהג במטען הנפץ, מראה החוט שתדוק מרגלו של חבלן עורר את תמחנה של אחת האחיות בבית החולים, הגיב החבלן: זה בשביל מח"י ויק המסתחות". ראש אגף מבצעים במשטרת ישראל, גיצב דוד קראוס, מו"נה צוות שידדוק אופן הטי"ס של חבלני המשטרה ב"מטעני הבלה בעקבות הפי"צ שראע ביום ששי, הצוות יבדוק אם הבלני ה"משטרה פעלו כמתאם להוראות הקיימות במשטרת ישר

נאספו על ידי המשטרה מס"מרים רבים ברדיוס גדול מ"מקום הפיצוץ. על המסמרים היה צבע טרי, מקופסת הצבע שבה היה מטען הנפץ. חבלן המשטרה טיפל במס"מרים, כשהוא לבוש אפוד מגן חובש קסדת מגן והרכיב משקפי מגן. הוא נפצע בשתי רגליו ובידו השמאלית. גישרט מעל המצת והראש. החבלן ה"פצוץ אושפו בבית החולים "איכילוב" בתל-אביב, בעת שהוכנס לחדר הניתוחים. ה"פצוץ לאתר, כי הוא מרגיש 100 אחוז. מרגלו השמאלית הפצועה הורק באותו זמן חוט ברזל בארד פנימית אס

הנוסעת האלמונית שגילתה את שקית הפלסטית נעלמה, כאשר הורדתה את הנוסעים מ"האוטובוס גיטיהי לאתר אותה ולא הצלחתי. מטען חומר הנפץ, שהתפוצץ בעת טיפולו של חבלן המש"טרה, היה במשקל חצי קילוגרם. המטען הופעל באמצעות מנגנון של שני צמ סוללות חשמליות. בתוך קופסת הצבע, שבה היה מנגנון הנפץ, היה מספרים רבים, שנועדו לפגוע במספר גדול של בני אדם. באוטובוס, שבו הונח המטען, היו באותו זמן עשרות נוס"ים. לאחר פיצוץ המט"ר, פציעתו של חבלן המשטרה,

מעריב", שעברה ליד האוטובוס שלי. הציתי כריצה את הכביש לתוועק ממוקד האל"חוט של קואופרטיב, דן" ה"נמצא בקירבת מקום, את חב"י לגי המשטרה. תוך שתי דקות הגיעו למקום כוחות משטרה, משמר הגבול, הג"א ושוטרות ח"יב"ת. הם חסמו אוריר גדול ומנעו מעבר כלי רכב והולכי רגל. חבלן המשטרה נכנס ל"אוטובוס. הוא הוציא את השקית מהאוטובוס וקירב או"ח על המידרכה סמוך לגדר האבן של חצר חב"ת השמל. או אירעה התפוצצות והחבלן נפצע.

Motivation



Motivation



Motivation - Assumptions

- Competitors - Computer Vision based Solutions
 - High False Alarm rate
- Improvised Explosives Devices
 - Explosives residuals on the bag



Motivation - Solution

CV MONITOR SYSTEM



P2Obj Table:

Head	Identity	E. Score	Class	O. Track
Person1	0X0ABA	2567.9		
	0x0AB8	0104.4	Backpack	0X0ABA
	0x0AB9	9766.5	Plastic Bag	Missing

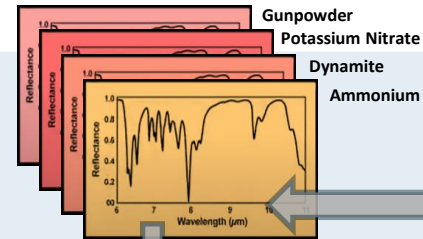


P2Obj Table:

Head	Identity	E. Score	Class	O. Track
Person1	0X0ABA	2567.9		
	0x0AB8	0104.4	Backpack	0X0ABA
	0x0AB9	9766.5	Plastic Bag	0X0ABA

ENTRANCE SCANNING SYSTEM

Spectral Library



THREAT
SCORE



Explosive Residue



SWIR



Problem Focus

How to detect explosives residuals?

Many variations:

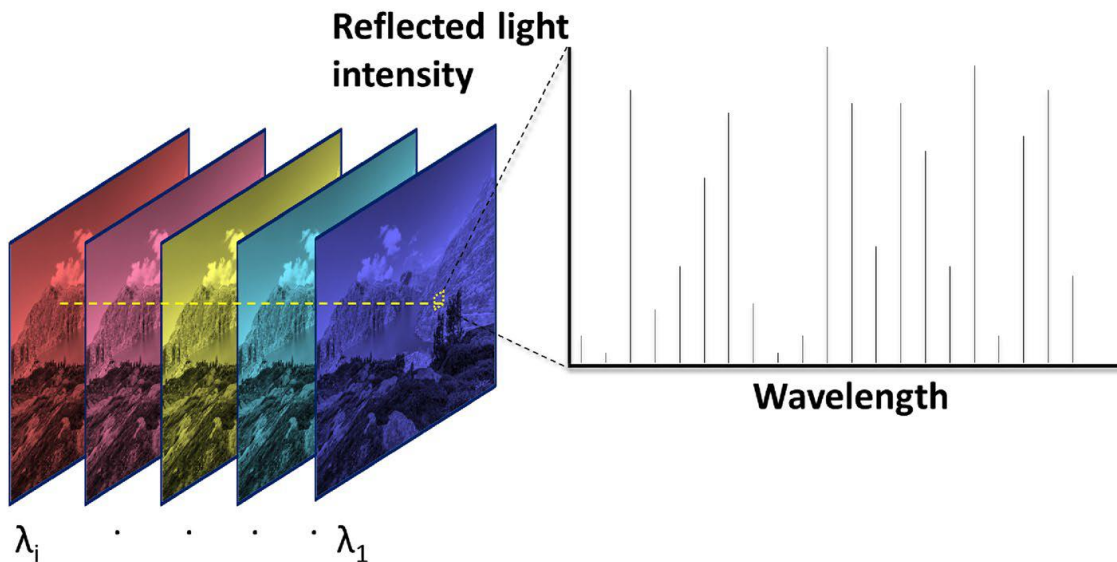
- Background – Plastic bags, backpacks, suitcases..
- Changing Illumination

Our chosen problem

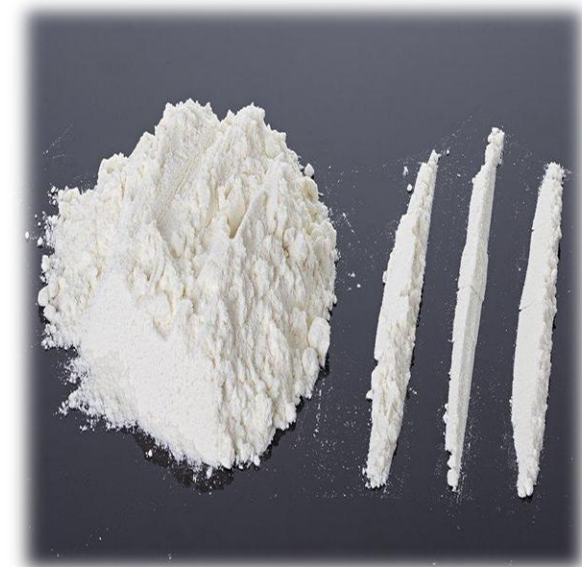
Robust residual material detection under complex illumination and background conditions.

Hyper Spectral Imaging

- Capturing the same scene in many wavelengths, resulting in a 3D of the scene, called an HSI cube (x, y, λ)
- Each pixel is a vector, holding the reflected light across wavelengths
- HSI is mostly used for material Identification

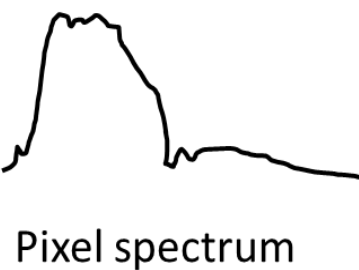
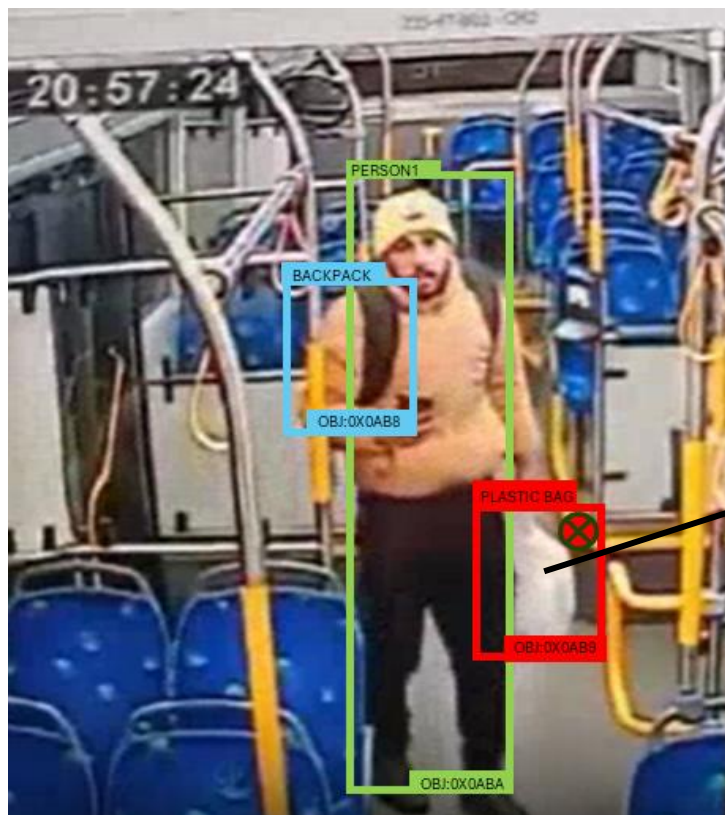


Flour or Cocaine?



Material Identification

Small Residuals Identification is much more complex



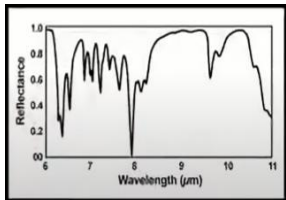
Illumination

Plastic Bag

Explosive

The Classic ML Approach

1.



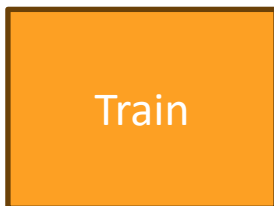
Select Target materials

2.



build a dataset material across various surfaces and illumination conditions

3.



Train on custom dataset per material

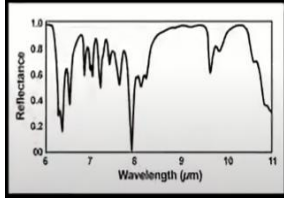
4.



Inference on a cube

The Classic ML Approach

1.



Select Target material



build a dataset material across various

The Core Problem

The material of **today** may not be the material **tomorrow!**

2.



train on custom dataset per material

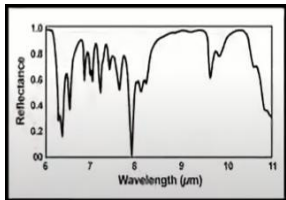
4.



Inference on a cube

The Classic ML Approach

1.



Select Target material

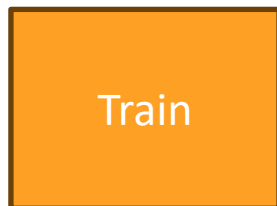
Start Over!

2.



build a dataset material across various surfaces and illumination conditions

3.



Model

Train on custom dataset per material

4.



Inference

Machine Education – Solution?

scientific reports

OPEN



Hyperspectral imaging
for chemicals identification:
a human-inspired machine learning
approach

Shai Kendler^{1,3✉}, Ziv Mano¹, Ran Aharoni^{3,4}, Raviv Raich² & Barak Fishbain¹



Dr. Shai Kendler



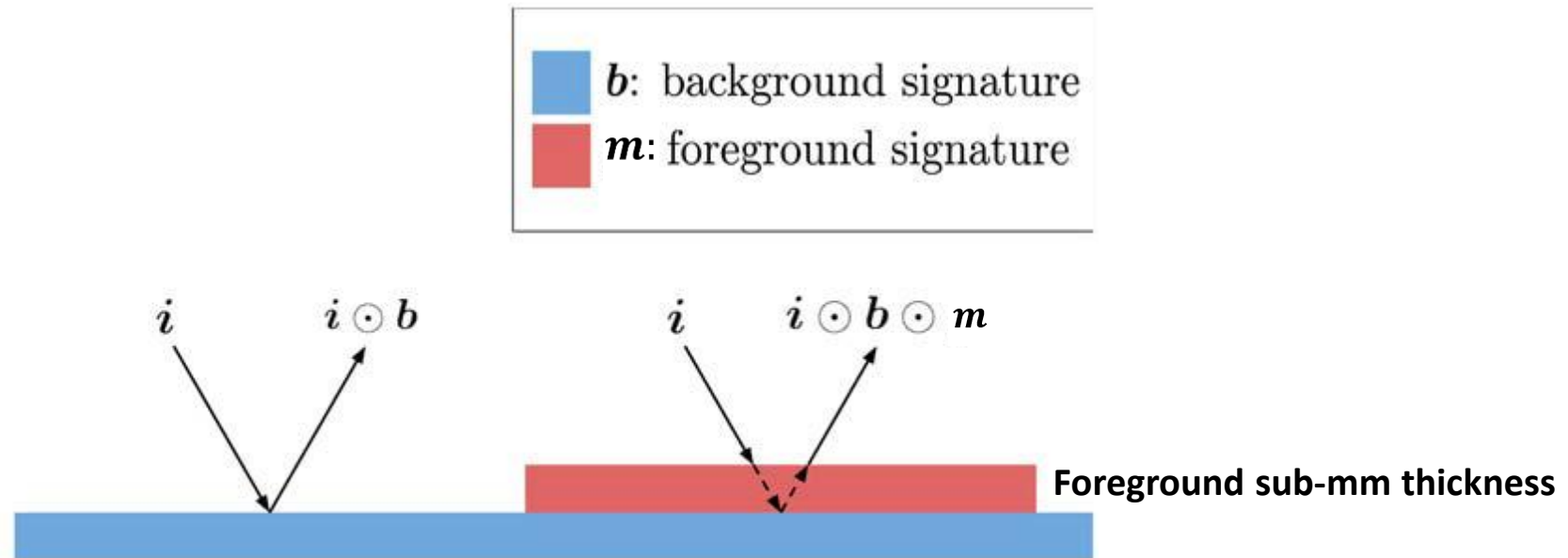
Prof Barak Fishbain

- Unlike classical ML, machine doesn't learn statistical patterns
- **Machine Education:** Predict by learning a physical model

Intimate Mixing Model

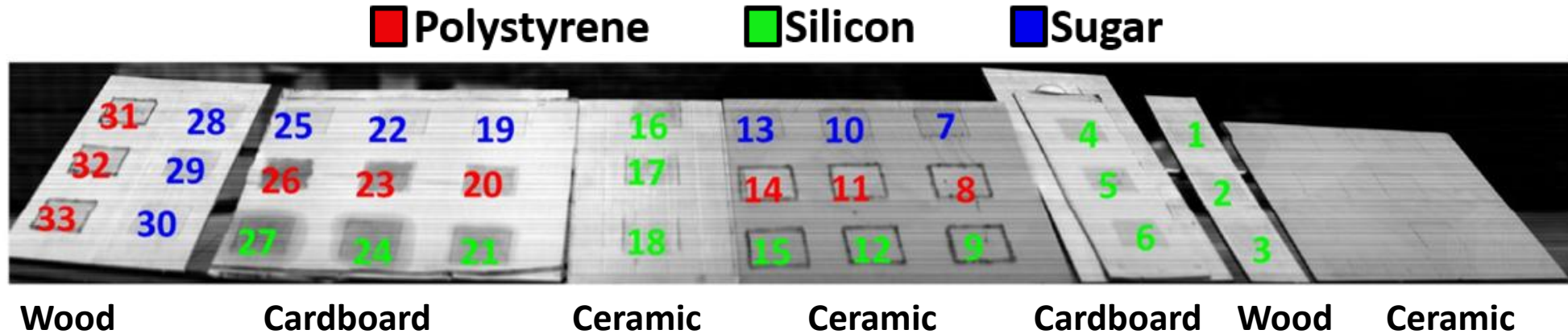
$$y = i \odot R_b \odot R_m$$

Where y is the reflected light from the surface, i is the incident light, $R_b \in [0, 1]$ is the background reflectance, $R_m \in [0, 1]$ is the foreground reflectance and $\odot$ is the Hadamard operator.

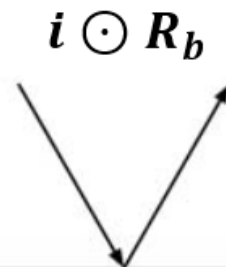


Paper Overview - Data

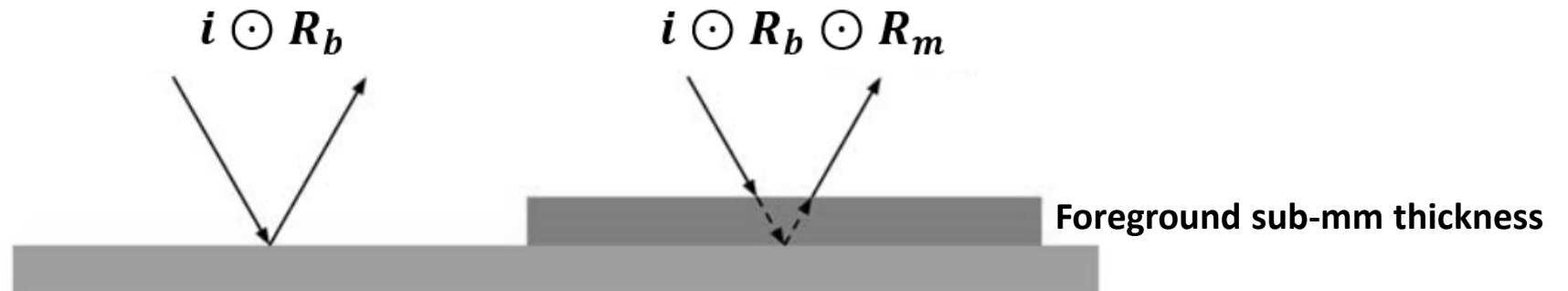
HSI for chemicals identification: a human-inspired machine learning approach



Clean:



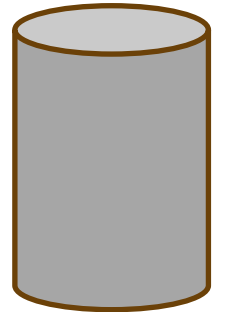
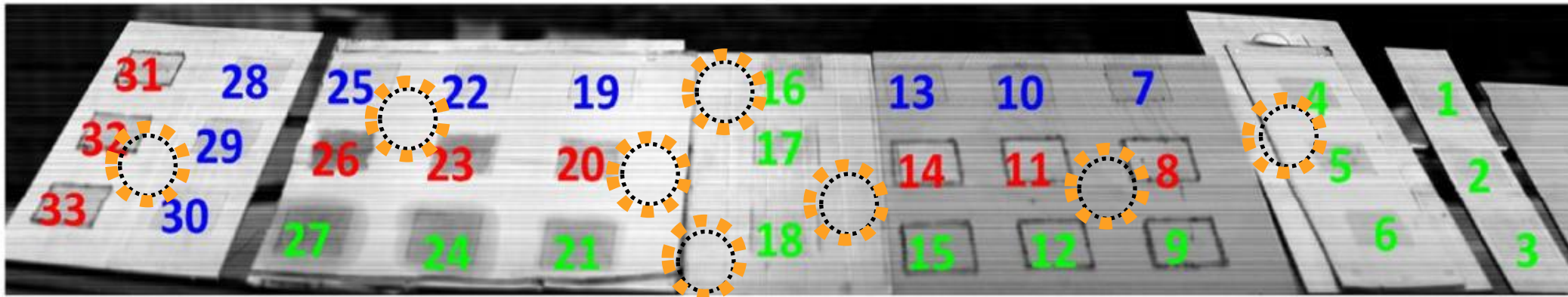
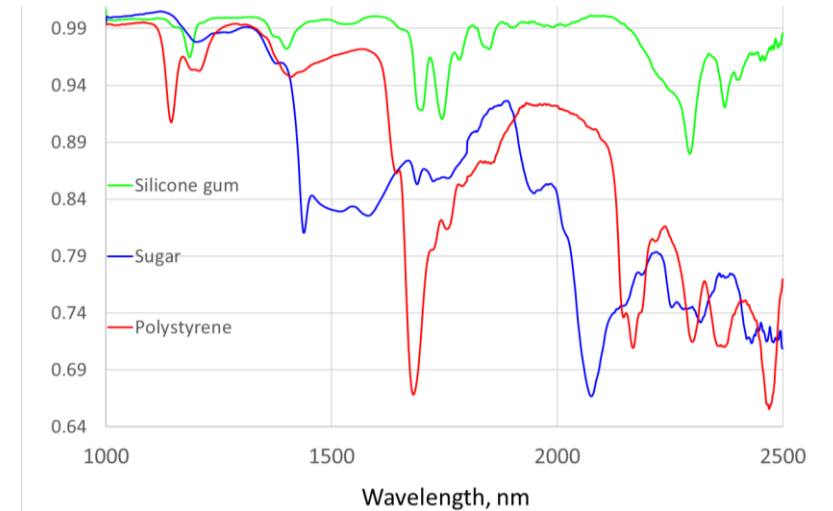
Contaminated:



Paper Overview – Machine Education

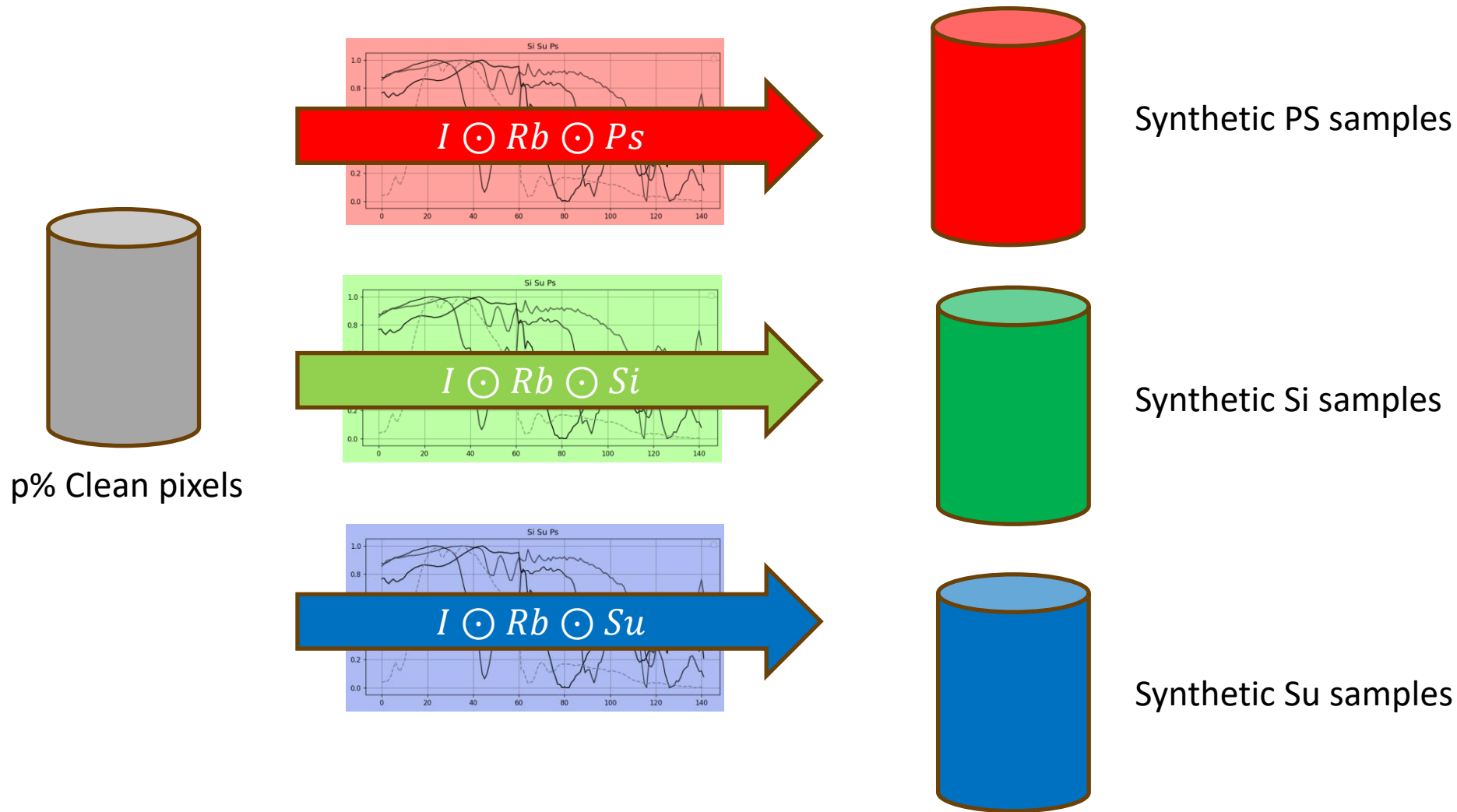
- **Machine Education:** Predict by learning a physical model
- Train Dataset:
Synthesized contaminated pixels
based on the physical model :

$$\mathbf{y} = \mathbf{i} \odot \mathbf{R}_b \odot \mathbf{R}_m$$

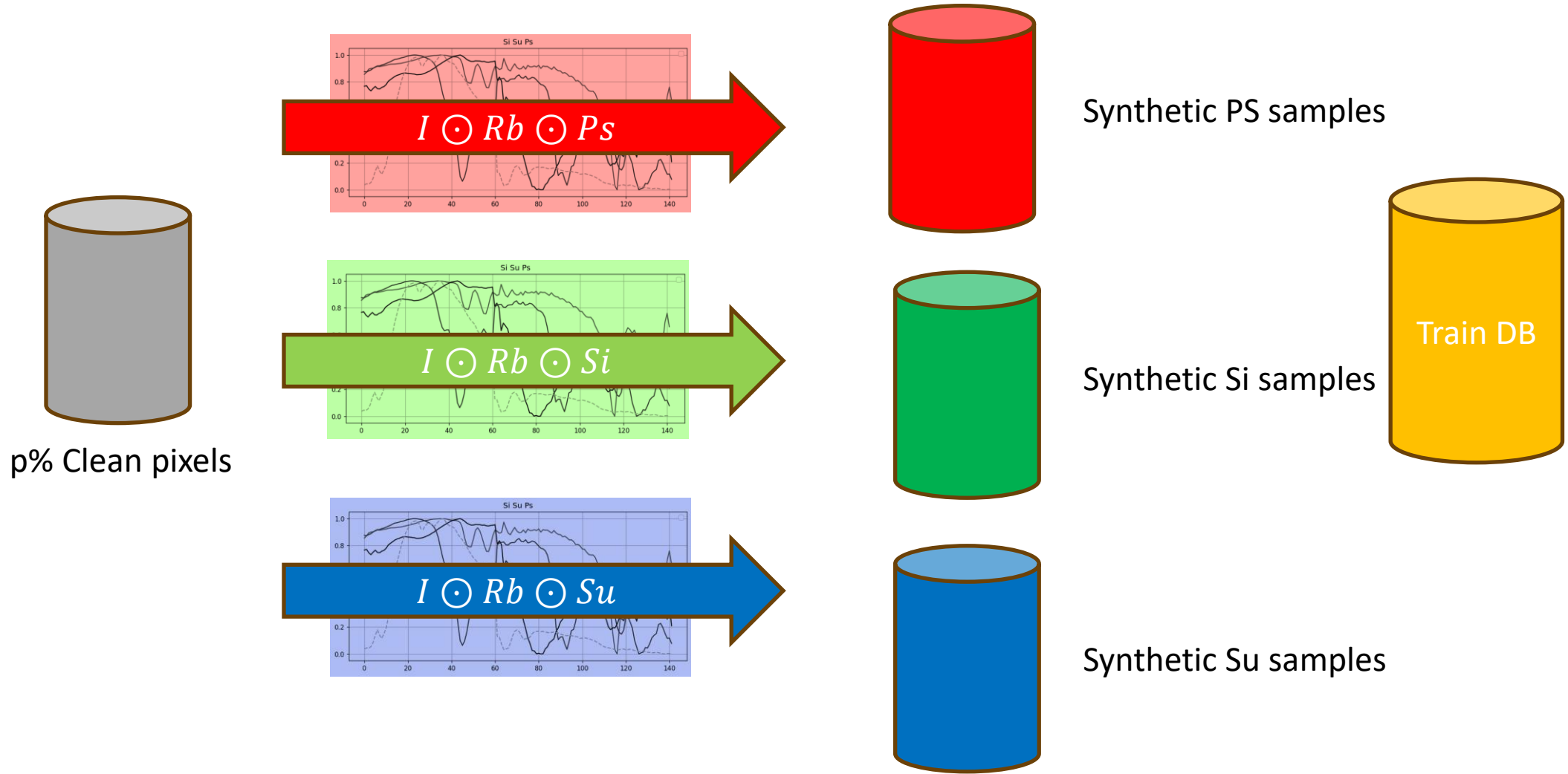


p% Clean pixels

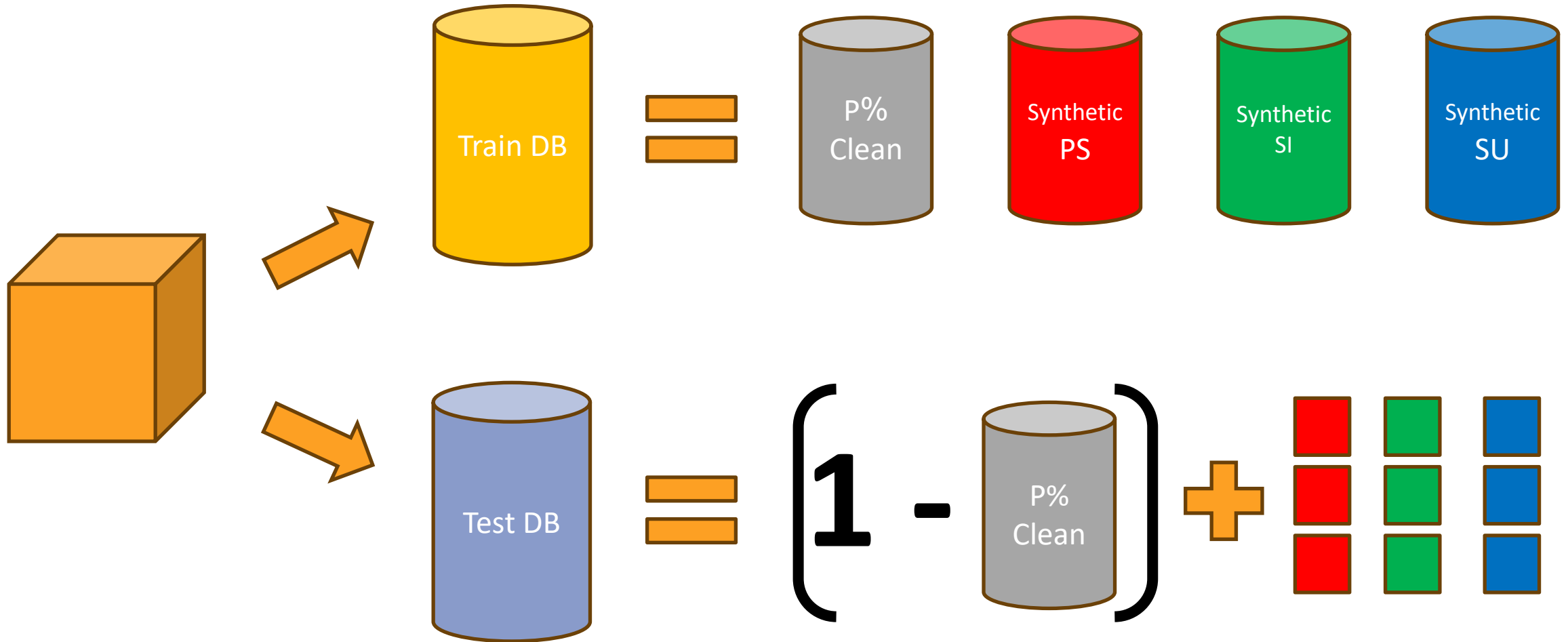
Paper Overview – Train Set



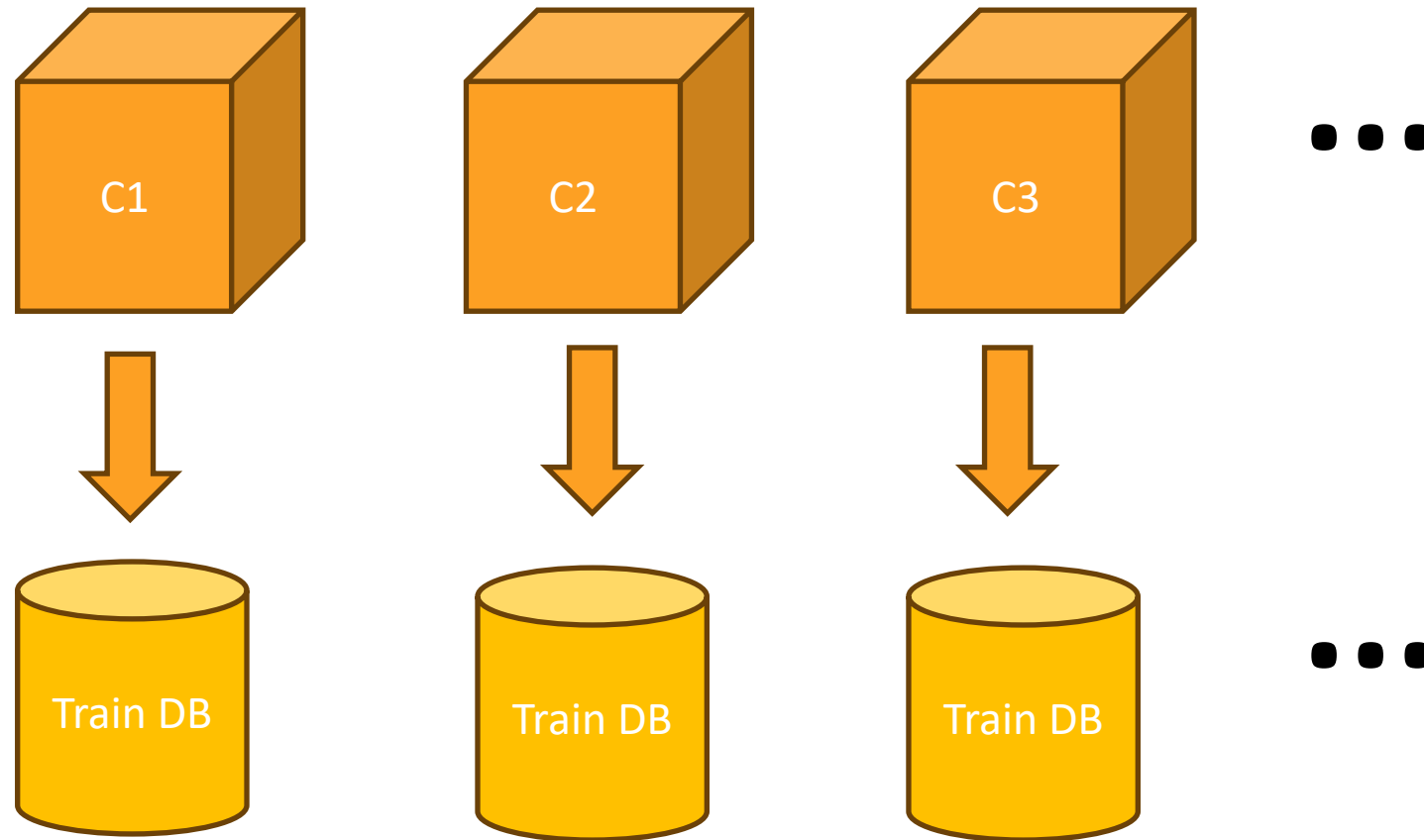
Paper Overview – Train Set



Paper Overview - Model

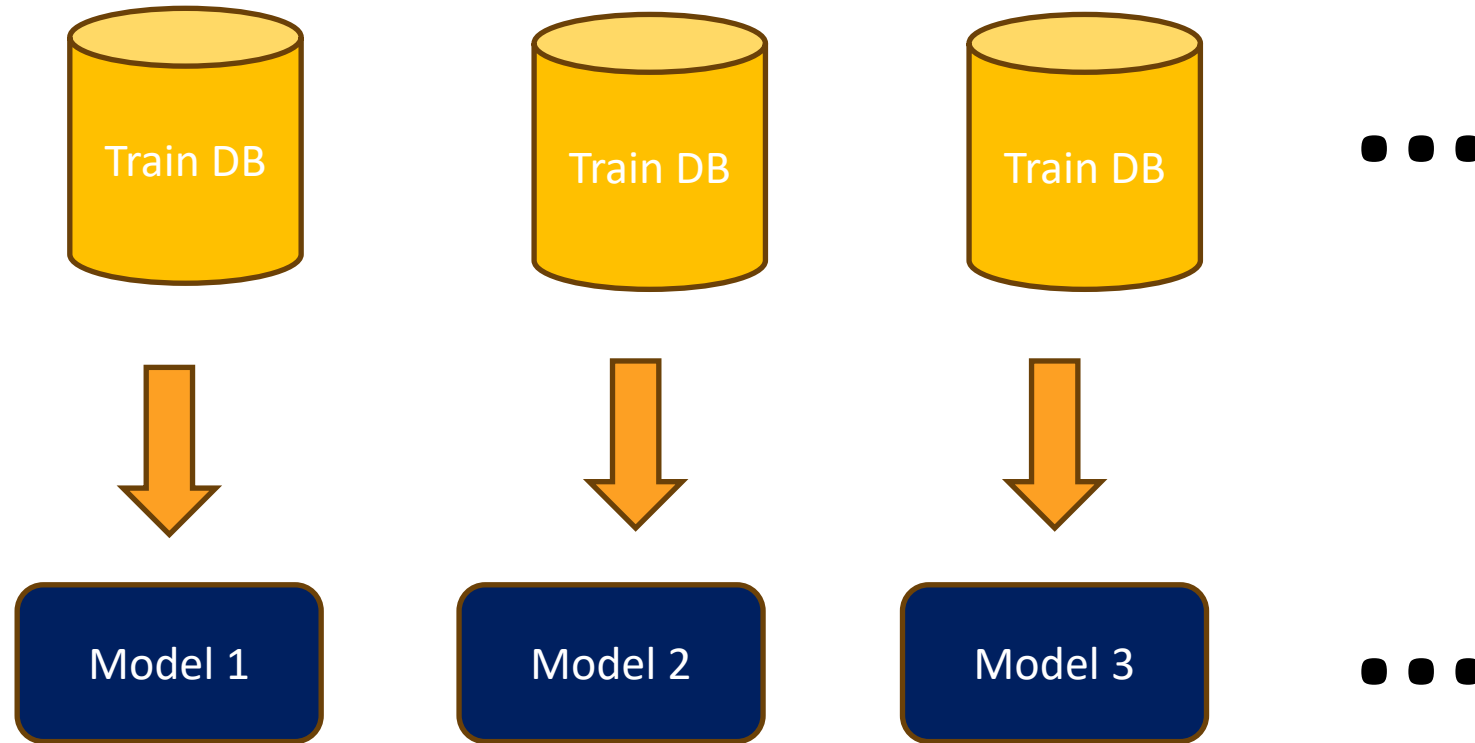


Paper Overview - Model



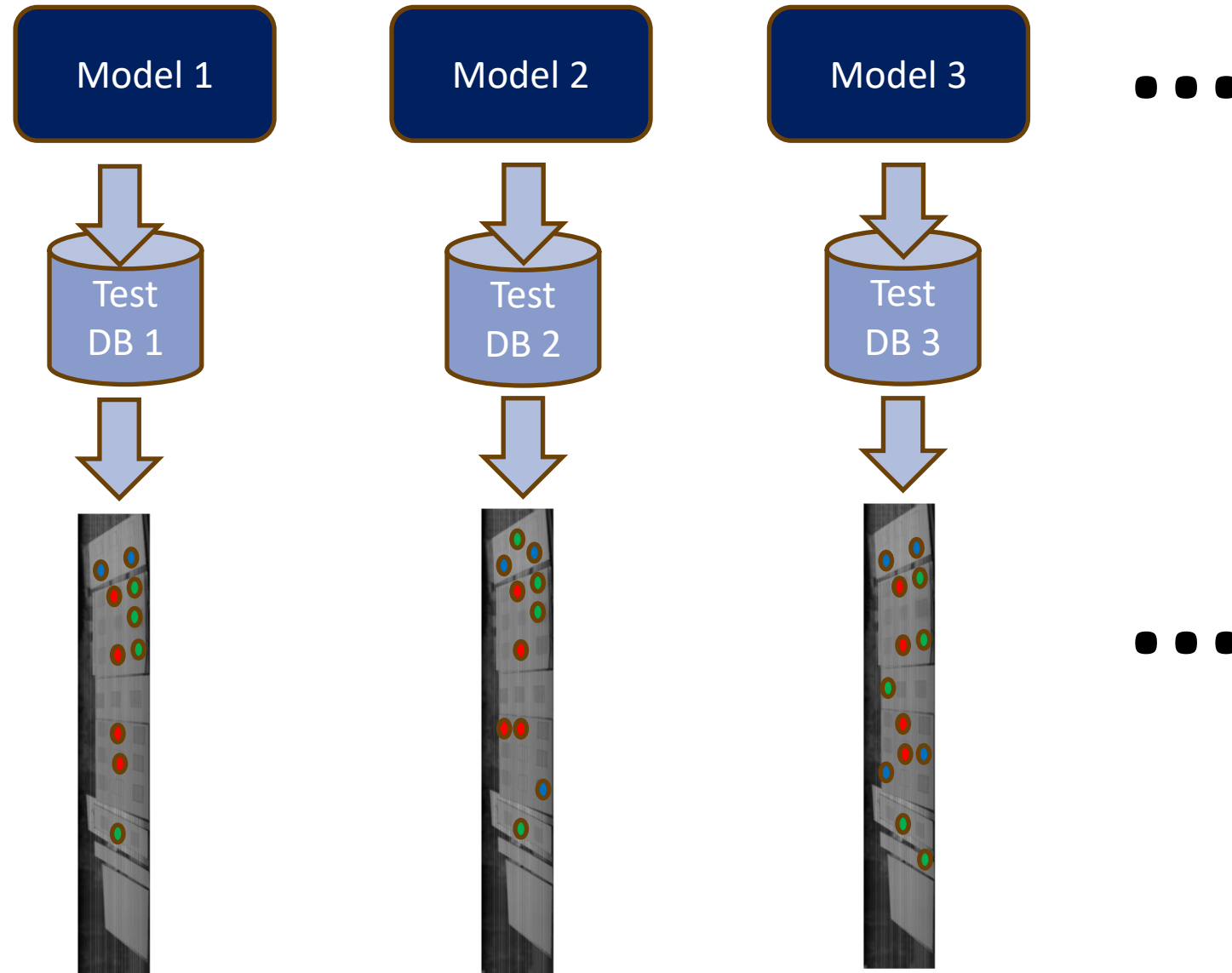
Multi cube classifier

Paper Overview - Model

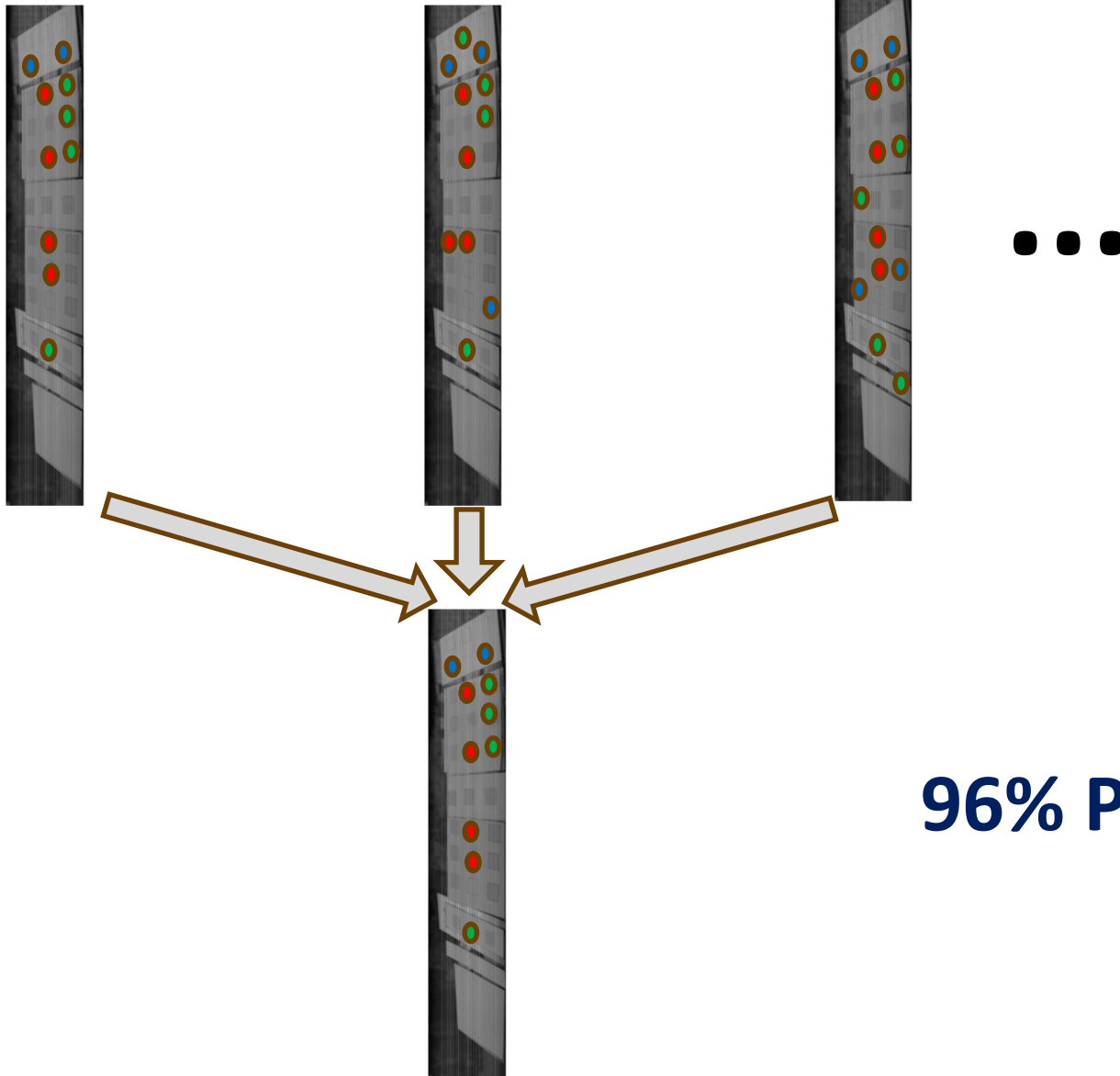


Multi cube classifier

Paper Overview - Model



Paper Overview - Model



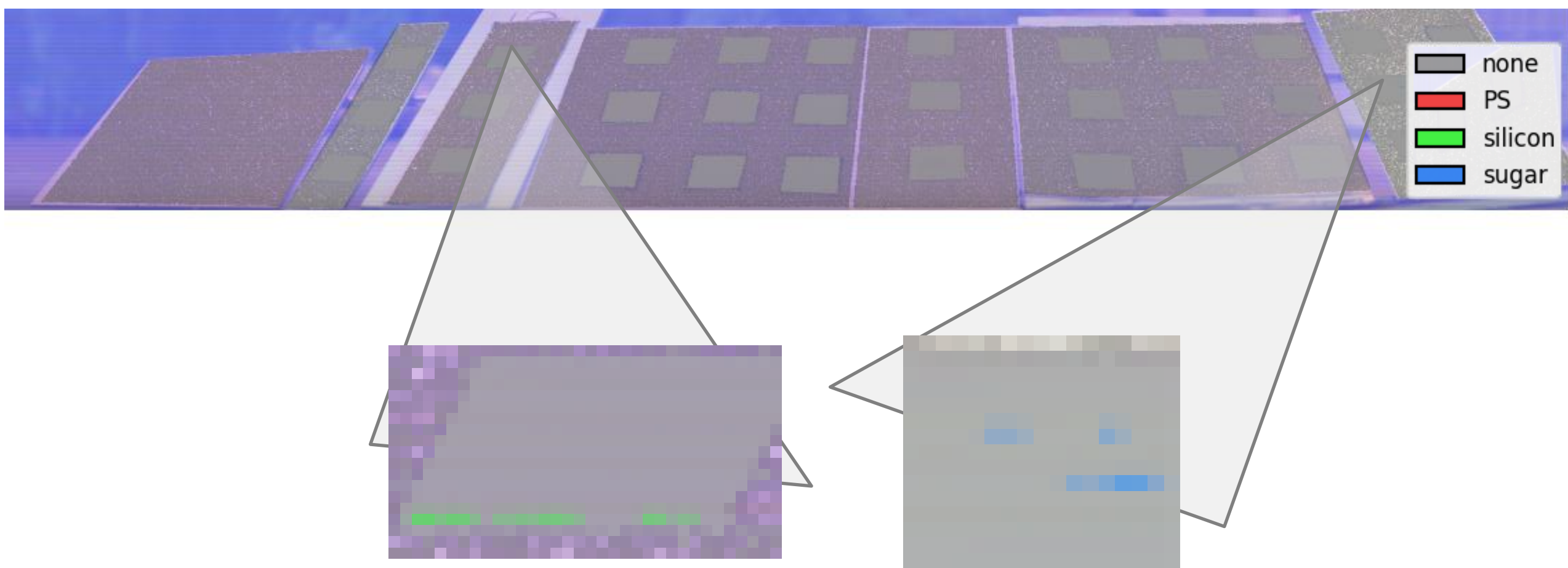
96% Patch Classification success rate

The Multi-Cube Bottleneck

- **No Static Scenes**
- **Significant Acquisition Overhead**
 - massive storage
 - long train time
 - high operational costs
- **Patch level classifier**

Can we do this with only a single cube?

Try current model on a single cube



Low Pixel classification accuracy

Project Goal - The Conceptual Shift

Seeking a **real-time** and practical solution:

- **On the fly: Machine Education on a single cube**
- **Pixel level classifier – High Confidence**

The Bottom Line:

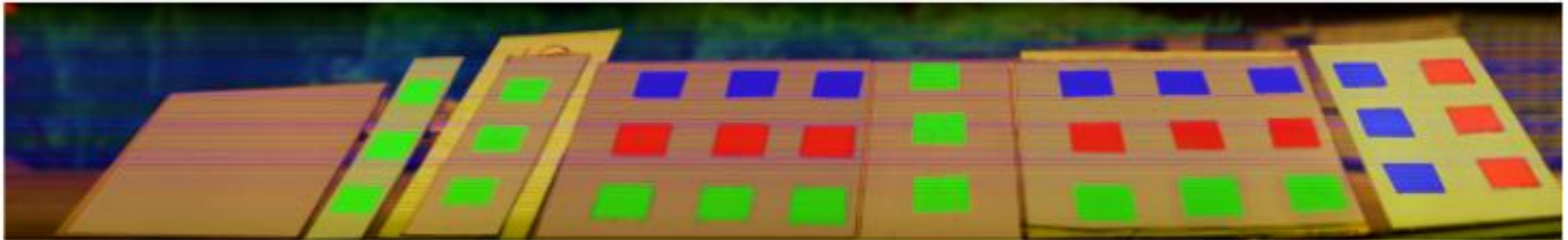
All you need is 1 cube + target materials

Spoiler...

90% Pixel Accuracy Results

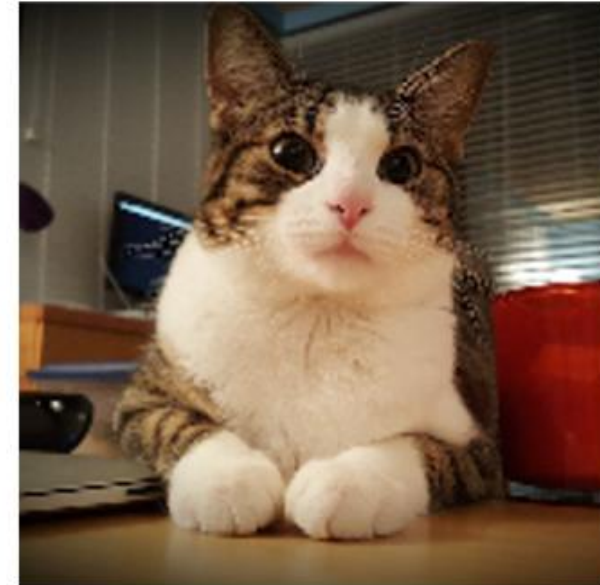


Ground Truth

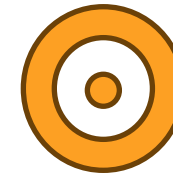
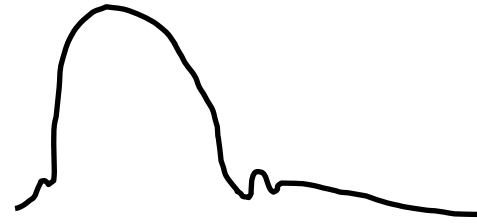
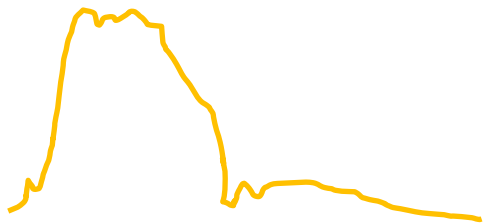
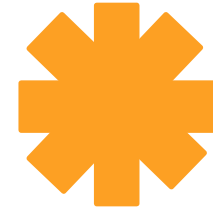
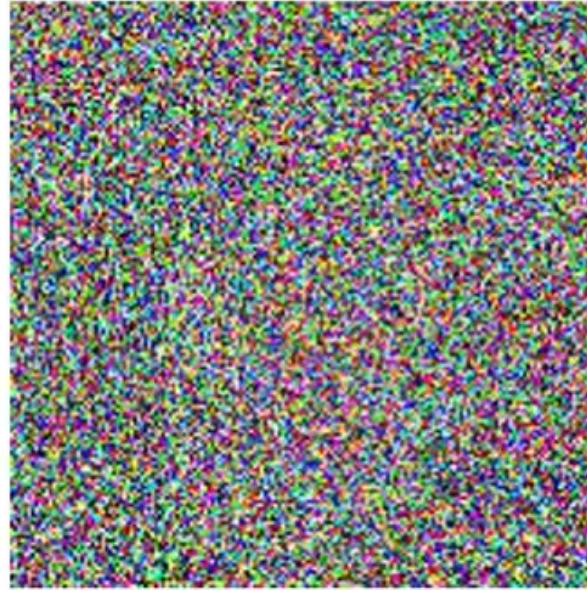


None Polystyrene Silicon Sugar

Inspiration - Denoising Problem



Can we treat Illumination and Background as “noise”?

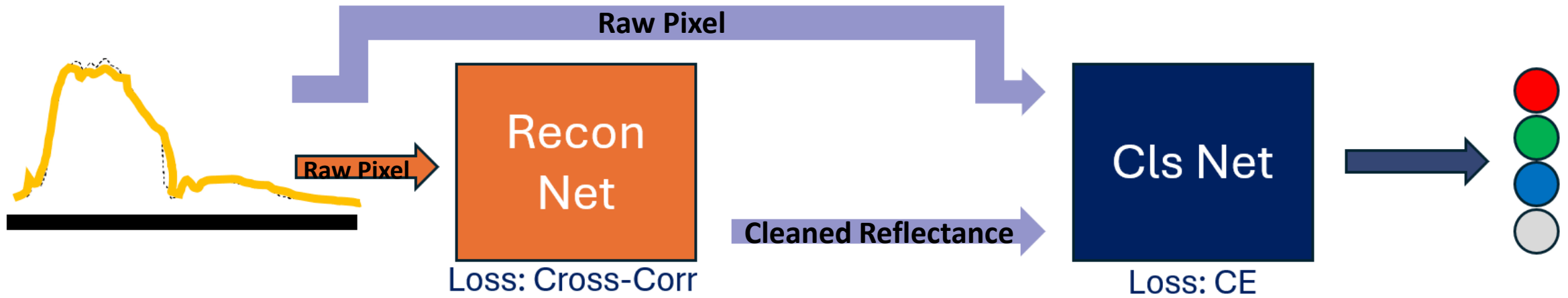


$$I \odot R_B \odot R_m =$$

$$(I \odot R_B) \odot$$

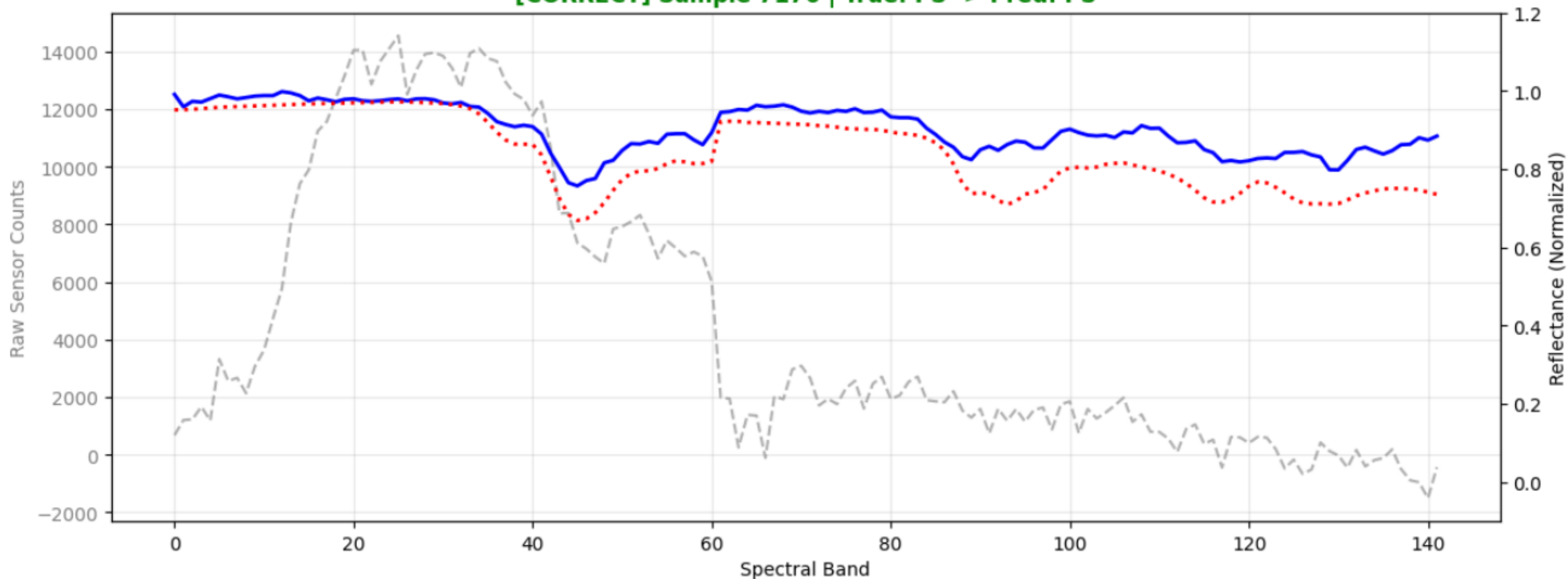
$$R_m$$

HSI-ReconClsNet



Reconstruction Example

[CORRECT] Sample 7176 | True: PS -> Pred: PS



--- Raw Input
--- Prediction
--- Ground Truth

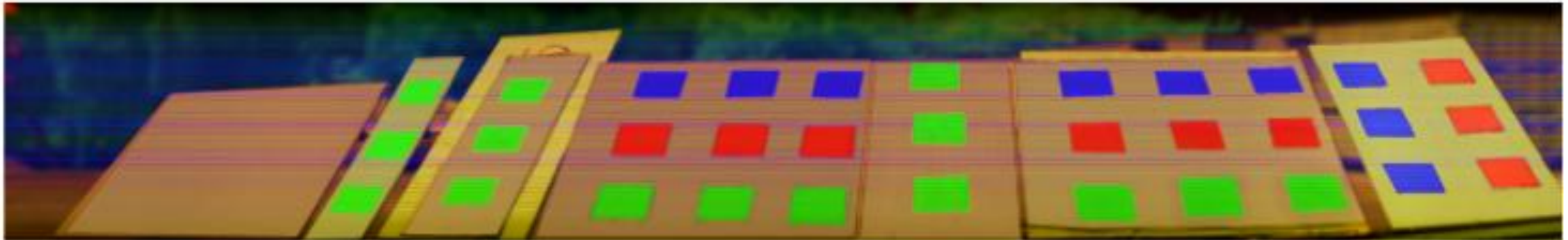
HSI-ReconClsNet

Raw Pixel Accuracy = 0.9005

Results

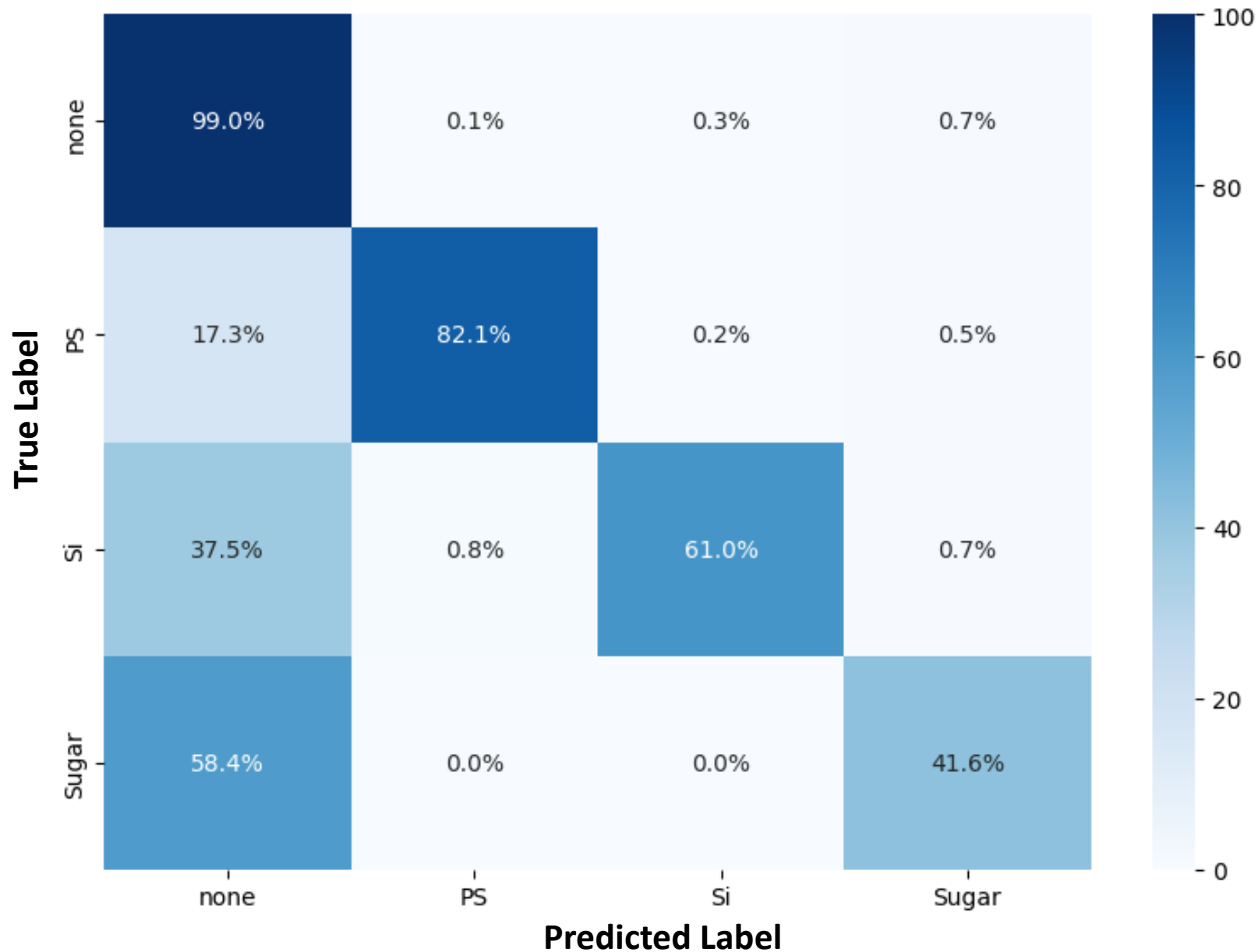


Ground Truth



None Polystyrene Silicon Sugar

HSI-ReconClsNet – Confusion Matrix



Material	Num of Pixels
None	364K
Polystyrene	32K
Silicon	56K
Sugar	28K

Summary – The Framework

- **Single-Cube:** No multi-scene datasets needed.
- **Physics-Guided:** Decouples material signatures from background & lighting.
- **Two-Stage Pipeline:** Combined reconstruction-classification network.
- **On the fly model:** No pre-training

Summary – Key Impacts

- **High Accuracy:** 90% pixel detection – Low False Alarm Rate.
- **Data-Efficient:** Reliable residual detection without large train data.
- **Innovation:** Practical Machine-Education model.

What Next?

Special Thanks



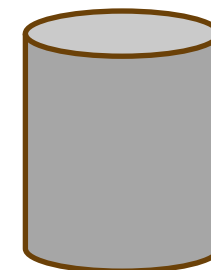
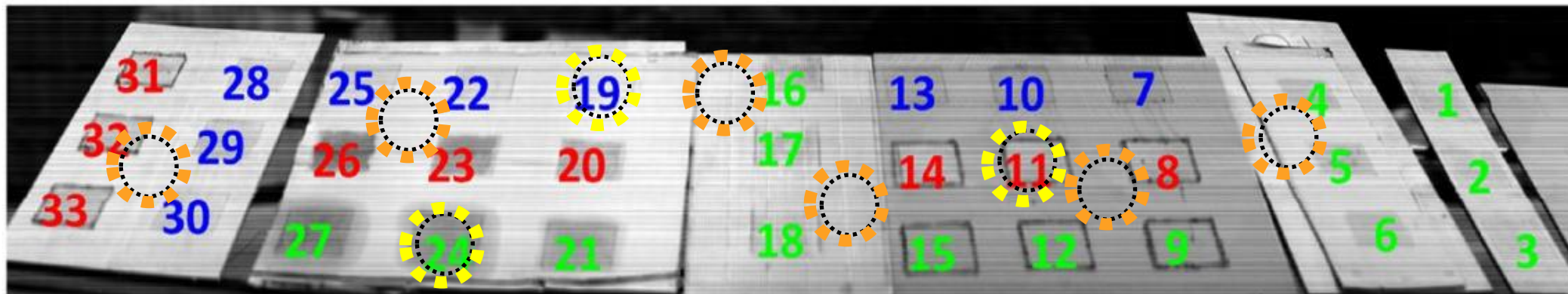
Prof Barak Fishbain



Dr. Shai Kendler

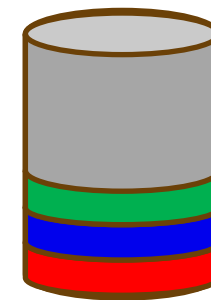
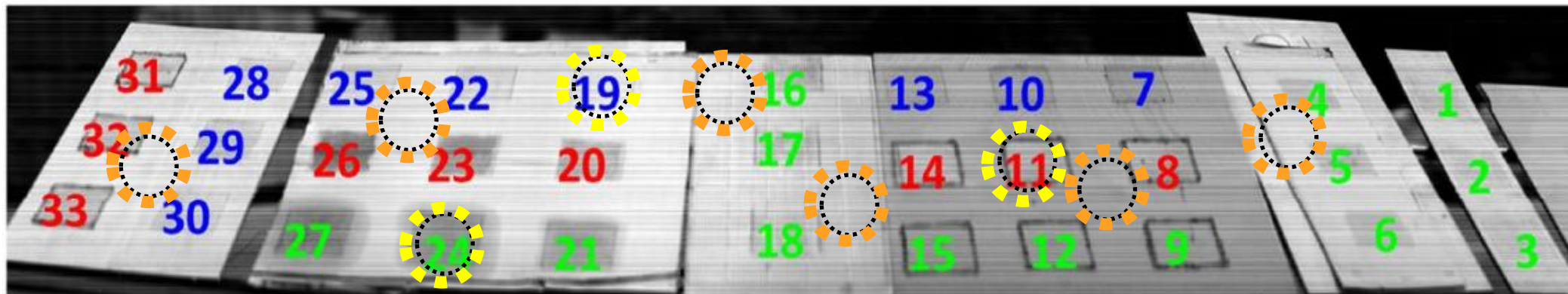
Questions

Real World Scenario



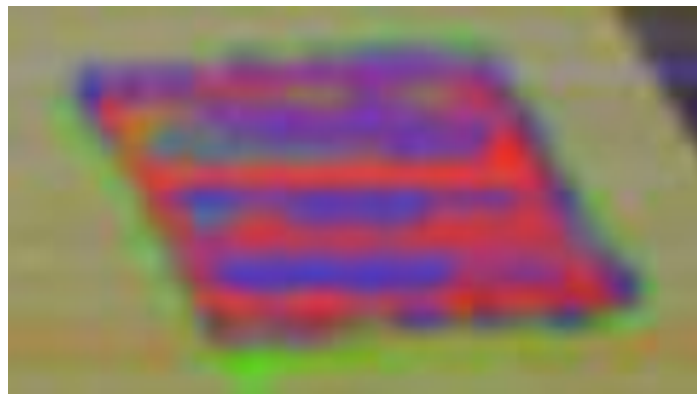
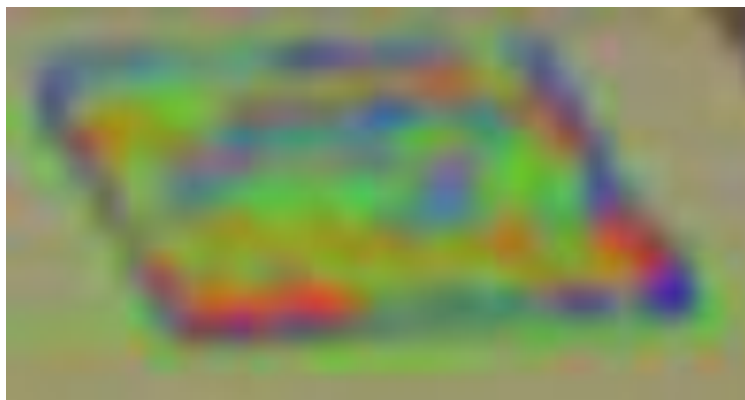
There are no patch borders
Contaminated pixels might be sampled to the clean DB

Real World Scenario



There are no patch borders
Contaminated pixels might be sampled to the clean DB

5% Contamination



Possible Solution - Dropout

