

Шаг 2. Нормализация значения расстояний, чтобы их сумма была равна 1.

Полученное множество нормализованных расстояний и является нечетким дескриптором объекта.

Заключение

Алгоритмы построения комбинированных информативных признаков многоспектральных изображений, основанные на совместном использовании ряда вегетационных индексов, вычисляемых на базе видимого спектра и ближнего инфракрасного спектра, цветовых и текстурных характеристик изображений предназначены для оценки состояния сельскохозяйственной растительности и подготовки различных тематических карт для задач точного земледелия.

Алгоритм построения дескрипторов объектов, характеризующихся вариативностью информационных признаков может использоваться для сегментации и распознавания изображений в системах мониторинга состояния и прогнозирования урожайности сельскохозяйственной растительности.

Список цитированных источников

1. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский. – Минск: БГУ, 2006. – С. 455.
2. Rouse, J.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS / J.W. Rouse [at al.] // In 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I. – 1973. – P. 309–317.
3. Huete, A.R. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS / A.R. Huete [at al.] // Remote Sensing of Environment. – 59. – P. 440 – 451.

УДК 004.89

СИСТЕМА МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УПАКОВКИ

Иванюк Д.С., Лузан А.А., Головки В.А., Новик А.И.

Брестский государственный технический университет, г. Брест

1. Постановка задачи

Предприятия, выпускающие различного рода продукцию, сталкиваются с проблемой контроля качества упаковки: наличие крышки, закрученность крышки, уровень продукта, наличие напечатанной информации для покупателя (дата и время фасовки, номер партии) и т. д. Данная задача актуальна, так как удовлетворенность потребителя напрямую зависит от качества продукта и достоверности информации о товаре, который он покупает в магазине. В данной статье рассматривается задача контроля качества продукции, выпускаемой ОАО «Савушкин продукт». Подробно описывается задача контроля надписей на крышках.

2. Решение задачи традиционными способами, их достоинства и недостатки

Существуют следующие стандартные способы контроля качества продукции:

Операторский контроль

Самый простой способ решения данной проблемы – это возложение задачи контроля на оператора. Однако данный способ может применяться только для выборочного контроля, так как оператор занят выполнением целого спектра других обязанностей. Также данный подход имеет целый ряд других недостатков, например, субъективность контроля, сильное влияние внешних факторов и т. п.

Оптические датчики (машинное зрение)

Сегодня, когда повышенное внимание на любом производстве уделяется контролю качества продукции, системы технического зрения набирают популярность. Многие производители промышленного оборудования обратили свое внимание на эту нишу, и можно назвать ряд компаний, которые предоставляют широкий спектр устройств от простых датчиков технического зрения до сложных систем. Среди наиболее известных фирм можно выделить Festo, Omron, Ifm, Cognex и др. Как правило, датчики промышленного исполнения имеют схожий функционал. На примере датчиков компании IFM рассматриваются устройства для определения брака продукции на разных уровнях (раздел 3).

Использование искусственных нейронных сетей

Для решения задач, связанных с распознаванием, также могут использоваться искусственные нейронные сети. Данный подход в настоящее время очень актуален, так как:

- появляются мощные аппаратные решения для параллельных вычислений (*CUDA-EnabledGPU*)
- развиваются новые подходы машинного обучения (*Deep learning*)

3. Опыт использования решения от IFM

На первом уровне для проверки продукта используются устройства с независимым контролем контуров объекта и контролем наличия объекта, его размера и положения по контрастности. Далее для контроля маркировки используются датчики распознавания кодов. Данные устройства позволяют распознавать одномерные и двумерные коды. И на последнем этапе проверяется комплектность упаковки готовой продукции при помощи 3d-датчика. Каждый кадр, получаемый 3d-датчиком, представляет собой трёхмерное объёмное изображение объектов, попадающих в его поле зрения.

У всех устройств есть схожие черты. Они позволяют захватывать изображение для обработки на основе срабатывания внешних триггеров или путем получения программного сигнала. После этого камера производит анализ изображения (например, ищет заданный контур в определенной области снимка) и выдает сигнал об успешном завершении анализа. При большом количестве различной продукции, качество которой должна оценивать камера, возникает сложность с индивидуальными настройками. Так для разных продуктов необходимо настроить разные приложения. Например, для оценки раз-

личного объема или разного цвета этикетки или крышек нужны отдельные настройки. Каждый датчик позволяет настроить от восьми (восемь в случае распознавания кодов) до тридцати двух приложений для анализа. Каждое приложение позволяет настроить индивидуальное срабатывание триггера, параметры освещения (использование внутренней или внешней подсветки, время экспозиции), построение модели для поиска объекта, технологический интерфейс, который позволяет определить результирующие сигналы и сообщения о работе приложения. После окончания работы отдельного приложения мы можем собрать статистику об общем количестве снимков, успешных и не успешных обработках.

4. Разработка решения на нейронных сетях

Описание системы

Система работает с видео, полученным непосредственно с камеры, расположенной над конвейером. Далее описывается подход к обработке видеопотока.

Алгоритм

Каждый кадр видеопотока обрабатывается как изображение. Во время обработки кадра используются предсказания четырех моделей:

- **pos** – модель, выполняющая классификацию на 4 класса: "крышка по центру", "крышка слева", крышка справа", "крышка не в кадре".
- **detect** – модель, сегментирующая кадр для обнаружения пикселей, принадлежащими крышке.
- **digitpos** – модель, сегментирующая кадр для обнаружения центров символов.
- **digit** – модель, классифицирующая цифру на изображении.

Перед выполнением обработки информации нейронными сетями выполняется соответствующая предобработка изображения.

Описание алгоритма обработки кадра:

1. Считать изображение с камеры.
2. Выполнить классификацию сетью **pos**.
3. Если кадр не принадлежит классу "крышка", то перейти на шаг 1.
4. Выполнить сегментацию сетью **detect**.
5. Выполнить бинаризацию сегментированного изображения, полученного на шаге 4.
6. Найти связанную область наибольшей площади на бинаризованном сегментированном изображении.
7. Выделить часть изображения, соответствующую области, найденной на шаге 6.
8. Выполнить сегментацию сетью **digitpos**.
9. Выполнить бинаризацию сегментированного изображения, полученного на шаге 8.
10. Выровнять изображение, вычислив угол наклона, полученный в результате преобразования Хафа над маской, полученной на предыдущем шаге.
11. Для распределения символов по двум строкам выполним кластеризацию на 2 кластера по вертикальной компоненте координат центров изображений символов с помощью алгоритма k-средних.

12. Для всех связанных областей изображения, полученного на шаге 9, выделить окрестность центрального пикселя каждой из этих областей с метками принадлежности соответствующим строкам.

13. Классифицировать полученные изображения с помощью сети **digit**.

14. Сравнить распознанные символы с эталонными.

Архитектура и обучение

Все нейронные сети обучались с помощью алгоритма оптимизации Adam [1] и начальным шагом обучения $1e-4$ в течение 40 эпох. После этого дообучались в течение 10 эпох с шагом $1e-5$ и 10 эпох с шагом $1e-6$.

pos

Так как классификация выполняется для каждого кадра, данная модель должна иметь высокую производительность. Размер входа: 40×40 пикселей. Функции активации: **selu** [2]. Функция потерь: кросс-энтропия. Архитектура:

- Conv2D 3×3 12 фильтров
- MaxPool2D 2×2
- Conv2D 3×3 12 фильтров
- MaxPool2D 2×2
- Conv2D 3×3 12 фильтров
- Conv2D 3×3 12 фильтров
- MaxPool2D 2×2
- Conv2D 3×3 4 фильтра
- GlobalMaxPool2D
- Activation softmax

При обучении использовалась следующая аугментация изображений:

- Размытие
- Гауссовский шум
- Повороты на небольшие углы
- Вертикальные отражения
- Горизонтальный сдвиг

detect

Размер входа: 32×64 пикселей. Функции активации: **selu**. Архитектура: U-net, которая представляет собой автоэнкодерную нейронную сеть с ядром 4×4 . Первые 6 сверточных слоев сворачивают изображение, а остальные 6 разворачивают (UpSample) до исходного размера 32×64 . Функция потерь: попиксельная перекрестная энтропия - $\log(\text{DICE})$.

При обучении использовалась следующая аугментация изображений:

- Размытие
- Гауссовский шум
- Повороты на большие углы
- Вертикальные и горизонтальные отражения
- Горизонтальный сдвиг
- Обрезание изображения
- Изменение оттенка (H в HSV)

digitpos

Размер входа: 128x128 пикселей. Функции активации: selu. Архитектура: U-net. На выходе Encoder части сети 64 фильтра. Функция потерь: попиксельная перекрестная энтропия - log(DICE).

Обучение проводилось на случайных фрагментах изображения с крышкой. Фрагменты могли не содержать ни одного символа. Такой подход оказался критически важным для эффективного обучения, т. к. в остальных случаях модель переобучалась. Изображения предварительно поворачивались на случайный угол и выполнялось изменение оттенка.

digit

Размер входа: 40x24 пикселей. Функции активации: selu. Функция потерь: перекрестная энтропия. Архитектура:

- Conv2D 3x3 32 фильтра
- Conv2D 3x3 32 фильтра
- MaxPool2D 2x2
- Conv2D 3x3 32 фильтра
- Conv2D 3x3 40 фильтра
- MaxPool2D 2x2
- Conv2D 3x3 64 фильтра
- Conv2D 3x3 72 фильтра
- MaxPool2D 2x2
- Conv2D 3x3 72 фильтра
- Conv2D 3x3 72 фильтра
- Conv2D 1x1 11 фильтров
- GlobalMaxPool2D
- Activation softmax

При обучении использовалась следующая аугментация изображений:

- Размытие
- Гауссовский шум
- Повороты на небольшие углы
- Горизонтальный сдвиг
- Масштабирование

5. Выводы

Таким образом, в настоящее время наиболее перспективным является использование систем на базе искусственных нейронных сетей для сложных, часто меняющихся задач контроля. В настоящее время представленная в данной статье нейросетевая система планируется к внедрению в ОАО "Савушкин продукт".

Список цитированных источников

1. DiederikP. Kingma, JimmyLeiBa. Adam: A Method for Stochastic Optimization [Текст] / Proceedings of the 3rd International Conference on Learning Representations (ICLR). – 2014.
2. Klambauer, G., Unterthiner, T., Mayr, A., & Hochreiter, S. Self-Normalizing Neural Networks [Текст] / In Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). – 2017.