

Астафьев А.В., Орлов А.А., Попов Д.П., Пшеничкин М.В., Шардин Т.О.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

Разработка алгоритма контроля перемещения изделий между зонами складирования на основе статистического анализа временных рядов данных с их идентификаторов для систем промышленной автоматизации

В настоящее время, в связи с необходимостью перехода к новым интеллектуальным цифровым производственным технологиям и реализации международных стандартов качества требуется введение новых наукоемких подходов к контролю движения продукции и средств малой механизации складских хозяйств. Это обусловлено тем, что складские хозяйства крупных промышленных организаций, на текущем уровне программно-аппаратного оснащения, не могут полностью соответствовать отечественным и зарубежным стандартам качества в области прослеживания продукции, регламентируемым ГОСТ и ISO. Ряд отечественных и зарубежных стандартов вносят жесткие требования на организацию процесса прослеживаемости продукции. Это объясняется тем, что любая единица продукции, произведенная на предприятии должна сопровождаться подробной историей о ее производстве, начиная с момента начала производственного процесса. Если процессы регистрации используемых материалов при производстве единицы изделия и основные этапы ее движения, на настоящем уровне развития программно-аппаратных средств автоматизации промышленных предприятий, документируются в системах электронного документооборота, то движение продукции внутри складских территорий требует большей детализации. Отсутствие этой детализации может привести к пролеживанию продукции, ее пересортице и хищению. Автоматизация контроля движения в последнее десятилетие преимущественно производится с использованием технического зрения, однако, в последние несколько лет, на рынке технологий промышленной автоматизации бурно развиваются системы, основанные на методах радиочастотной идентификации. Однако, существующие в настоящее время решения позволяют автоматизировать промышленные процессы, в которых, либо продукция транспортируется мимо установленного стационарно сенсора (например, конвейерная линия с установленным стационарно видеосенсором или радиочастотным считывателем), либо происходит ручное управление сенсором, для идентификации складированных изделий (например, ручные портативные считыватели штрихкодов и RFID-меток). Использование существующих систем для решения более сложных задач, где транспортировка продукции производится более чем по одному маршруту (например, транспортировка автопогрузчиком), либо использование ручного метода идентификации невозможно технически или противоречит правилам техники безопасности, не позволит автоматизировать процесс контроля движения продукции в виду низкой достоверности получаемых результатов. Исходя из этого, разработка новых алгоритмов, методов и систем для контроля движения промышленной продукции является актуальной научно-технической задачей.

Большой вклад в развитие технологии радиочастотной идентификации и систем контроля движения в различных сферах жизнедеятельности внесли Бондаревский А.С., Золотов Р.В., До Зуй Ньят, Камозин Д.Ю., Маниш Б., Шахрам М., Ke-Sheng Wang, Worapot Jakkhupan, Somjit Arch-int, Yuefeng Li, Mahir Oner, Alp Ustundag, Aysenur Budak и многие другие.

Применение данных наукоемких технологий позволяет автоматизировать процессы контроля движения промышленных изделий на предприятиях различных сфер жизнедеятельности и, в конечном итоге, добиться повышения оперативности и достоверности контроля транспортировки и складского учета изготавливаемой продукции.

Однако задачи разработки и внедрения автоматических систем прослеживания продукции в производстве все еще остаются нерешенными. В настоящее время на промышленных предприятиях все еще существует ряд проблем, решение которых средствами современных систем контроля движения не реализовано.

Статья посвящена разработке технологии, математического и программного обеспечений для построения систем позиционирования и контроля движения средств малой механизации промышленных предприятий на основе методов радиочастотной идентификации и технического зрения, что будет являться базой для создания высокоэффективных интеллектуальных систем контроля движения продукции на промышленных предприятиях.

Пусть J – журнал регистрации перемещений изделий (журнал является результатом работы алгоритма), $g(t_1, t_2)$ – функция, возвращающая множество идентификаторов перемещаемых изделий за интервал времени (t_1, t_2) (для выделения идентификатора перемещаемого изделия усредненное во времени значение уровня мощности сигнала сравнивается с пороговым значением):

$$g(t_1, t_2) = \left\{ i \mid \frac{\tau}{t_2 - t_1 + \tau} \sum_{t=t_1, t_1+\tau}^{t_2} F_i^{(t)} > P_{\text{изделие}}, i \in M_{\text{изделие}} \right\},$$

где $M_{\text{изделие}}$ – множество идентификаторов меток изделий, $P_{\text{изделие}}$ – пороговое значение (минимальное значение уровня мощности сигнала с метки перемещаемого изделия), $F_i^{(t)}$ – вектор значений уровней мощности сигнала от меток изделий и стеллажей в момент времени t .

Уровень мощности сигнала от метки рассчитывается как среднее значение за время τ :

$$F_i^{(t)} = \frac{1}{N} \sum \mu = \frac{n \mu_{\text{ср}}}{N},$$

где N – число запросов на считывание в течение интервала времени $(t, t+\tau)$, n – число считываний метки i , μ – уровень мощности сигнала от метки i , $\mu_{\text{ср}}$ – среднее значение уровня мощности сигнала от метки i .

В рамках работы были проведены экспериментальные исследования на промышленном предприятии региона. В ходе проведения исследований маркированная металлическая продукция перемещалась между стеллажами средствами малой механизации, в частности мостовым краном с грузозахватной траверсой. Экспериментальные исследования показали корректность работы алгоритма определения текущей зоны складирования в лабораторных и производственных условиях.

Работа поддержана грантом Президента РФ № МК-991.2017.9.

Литература

1. Astafiev A., Development of Methods for Determining the Locations of Large Industrial Goods During Transportation on the Basis of RFID // A. Provotorov, D. Privezentsev, A. Astafiev / Procedia Engineering Volume 129, Pages 1005-1009 (2015) DOI: 10.1016/j.proeng.2015.12.163
2. Astafiev, A.V. The localization algorithm of symbolic and bar-code labels on industrial products for the control of product movements // Astafiev, A.V. Orlov, A.A. ; Provotorov, A.V. / "Stability and Control Processes" in Memory of V.I. Zubov (SCP), 2015 International Conference, St. Petersburg, 5-9 Oct. 2015, pp. 615 - 616, DOI: 10.1109/SCP.2015.7342230
3. Zhiznyakov, A.L. Using fractal features of digital images for the detection of surface defects / Zhiznyakov, A.L., Privezentsev, D.G., Zakharov, A.A. // Pattern Recognition and Image Analysis Volume 25, Issue 1, 2015, Pages 122-131
4. До Зуй. НЬЯТ ИСЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID (RADIOFREQUENCY IDENTIFICATION) / Зуй. Ньят. До // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — №6(37) Часть 1. — С. 34—37.
5. Mahir Oner, Alp Ustundag, Aysenur Budak An RFID-based tracking system for denim production processes / The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, pp 1–14.