

4. Osipov Iu.R., Pavlov V.V., Osipov S. Iu. *Teplomassopereenos pri termoobrabotke kleevyh soedinenii gummirovannykh ob'ektov* [Heat and mass transfer in heat treatment facilities gummed adhesive joints]. Moscow, 2008. 179 c.

5. Osipov S. Iu., Osipov Iu.R., Shlykov A.A. Vliyanie poslevulkanizacionnogo ohlazhdeniia i tekhnologicheskikh rezhimov termoobrabotki na kachestvennye pokazateli ehlastomernykh kompozitsionnykh materialov [Influence of post-curing cooling and process of heat treatment modes on the quality of indicators of elastomeric composite materials]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2015, № 5(66), pp. 30–34.

6. Osipov S.Iu., Osipov Iu.R., Panfilova O.A., Senichev V.P., Shlykov S.A. Diffuziya i processy nestacionarnoi massoprovodnosti pri izgotovlenii kompozitsionnykh materialov [Diffusion processes and unsteady mass conductivity in the manufacture of composite materials]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2015, № 1, pp. 17–20.

7. Osipov Iu.R. *Termoobrabotka i rabotosposobnost' pokrytii gummirovannykh ob'ektov* [Heat treatment and operation facilities rubberized coating]. Moscow, 1995.

8. Osipov Iu.R., Osipov S. Iu., Panfilova O.A. Matematicheskoe modelirovanie processa massopereenosy vulkanizuyushchego agenta pri vulkanizacii gummirovocnogo mnogosloynnogo pokrytiia [Mathematical modeling of mass transfer process curing agent for curing rubberized]. *Konstrukcii iz kompozitsionnykh materialov* [Multilayer coating structures made of composite materials]. Moscow, 2007. Vyp. 4, pp. 37–47.

9. Osipov Iu.R., Osipov S. Iu., Panfilova O.A. Ocenka ekonomicheskoi ehffektivnosti i optimizaciya upravleniia proizvodstvennymi processami [Cost-effectiveness and optimization of industrial process control]. *Organizator proizvodstva* [Production organizer]. Voronezh, 2014. №1, pp. 50–53.

10. Osipov Iu.R., Osipov S. Iu., Panfilova O.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie optimal'noi teploobmennoi sistemy na osnove resheniia zadachi processa teploperenosy [Computer-aided design of optimal heat exchange system based on the heat transfer process of problem]. *Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Cherepovets State University], 2014, №4(57), pp. 15–20.

11. Rudobashta S.P., Kartashov Eh.M. *Diffuziia v himiko-tekhnologicheskikh processah* [Diffusion in chemical-technological processes]. Moscow, 2010. 478 c.

УДК 004.93

Д.П. Попов

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент А.А. Орлов
Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и
Николая Григорьевича Столетовых
(г. Муром)

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С RFID-СЧИТЫВАТЕЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

В статье затрагивается проблема детектирования и идентификации перемещения промышленной продукции по производственным площадям, хранящейся в стеллажах. Предложен метод детектирования на основе данных с RFID-считывателя. Описывается автоматический алгоритм, увеличивающий достоверность идентификации за счет обработки данных с RFID-считывателя. Приводятся экспериментальные данные.

Идентификация промышленной продукции, алгоритм обработки данных с RFID, RFID-считыватель, алгоритм автоматической идентификации.

The article deals with the issue of detection and identification of stored on racks industrial products movement in production areas. The method of detection based on the data from the RFID-reader is suggested. We describe an automatic algorithm increasing the accuracy of the identification with the data from the RFID reader.

Identification of industrial production, data processing algorithm RFID, RFID-reader, automatic identification algorithm.

Введение

В современном мире в век высоких технологий остаются нерешенными научно-технические задачи на множественных стадиях производства и контроля продукции. Одна из таких задач – контроль движения трубопрокатной продукции на этапе производства и отгрузки. Реализация такого контроля возможна с помощью внедрения системы автоматического распознавания меток (САИМ). От степени совершенства работы данной системы зависит эффективность производства в целом. В настоящий момент большинство таких систем не исключают человеческий труд, характеризующийся наличием периодических ошибок, основанных на «человеческом факторе». Кроме того, на предприятии существуют

множество опасных для людей зон. Поэтому одна из важных целей САИМ – минимизировать труд рабочих с целью обезопасить производственный процесс. Основная сложность при использовании САИМ заключается в локализации промышленной продукции, так как в большинстве случаев поверхности различных изделий сделаны из металла. Это сильно мешает распознаванию и проявляется в виде невозможности использовать обычные неэкранированные метки (металл поглощает радиосигнал). Еще одной сложностью является отражение сигнала от всех металлических предметов, что уменьшает достоверность считывания. Для решения данных проблем требуются собственные алгоритмы обработки данных считывателя, а также специальное расположение меток. Ис-

ходя из всего вышеперечисленного, разработка новых и совершенствование существующих методов и средств обработки информации с целью повышения эффективности систем контроля движения продукции является актуальной научно-технической задачей.

Цель работы – разработка алгоритма обработки данных радиочастотного считывания (RFID) на основе их накопления и статистического анализа для решения проблем идентификации труб.

Существует три распространенных способа идентификации продукции:

1. Цифровой – с помощью видео камер, на основе алгоритмов анализа изображений.
2. Лазерный – с помощью инфракрасного лазера.
3. Радиочастотный – посредством радиосигналов.

Для контроля движения трубопрокатных изделий все большее распространение получает последний метод (RFID), с использованием специальных меток для металла [1]. Эта технология позволяет производить автоматическую идентификацию, при которой посредством радиосигналов считываются данные из транспондеров (RFID-меток). Также к достоинствам использования технологии радиочастотных меток можно отнести:

- 1) отсутствие необходимости в прямой видимости;
- 2) большее расстояние чтения относительно штрих-кодовой маркировки;
- 3) поддержка чтения нескольких меток;
- 4) считывание данных метки при любом его расположении;
- 5) устойчивость при воздействии окружающей среды (при хранении продукции вне цеха, на открытых площадках);
- 6) высокая степень безопасности (данные на метке могут быть зашифрованы);
- 7) высокая достоверность считывания (возможность передачи избыточного кода для проверки целостности передаваемых данных).

Именно поэтому на новейших промышленных предприятиях контроль движения продукции осуще-

ствляется специализированными средствами – системами автоматической идентификации маркировок (САИМ).

Основная часть

На современных предприятиях выпускаются всевозможные виды и наименования продукции, одним из таких может выступать трубопрокатная продукция, представляющая собой металлические трубы длиной до 12 м и толщиной до 500 мм.

Для перемещения такой продукции потребуется кран с траверсой, способной поднимать трубопрокатные изделия. Существует три вида траверсы, подходящих для этой задачи:

- 1) цепная (трубы фиксируются цепями и крючьями);
- 2) вакуумная (трубы фиксируются за счет вакуумных присосок);
- 3) магнитная (с помощью постоянного магнита).

Самая распространенная и эффективная на большинстве предприятий – это магнитная траверса. Она позволяет захватывать несколько труб одновременно.

Движение продукции осуществляется преимущественно магнитными кранами. Длина троллея крана составляет 32 м. На современных магнитных кранах закрепленный груз может находиться на расстоянии от 3 до 16 м до ближайшей опоры и на высоте до 8 м.

Для успешного считывания, передачи этой информации и хранения требуется специальное оборудование, алгоритмы и методы [2]. Оборудование должно находиться рядом с идентифицируемой продукцией, а также позволять определять местоположение для контроля ее перемещения. Именно поэтому его требуется поместить непосредственно в магнитную траверсу, которая производит манипуляции по захвату труб (рис. 1).

Само оборудование представляет вид единого устройства, состоящего из 4 основных компонентов, связанных друг с другом (рис. 2).

Представим описание алгоритма определения перемещения продукции на основе анализа количества считываний RFID-меток [3].

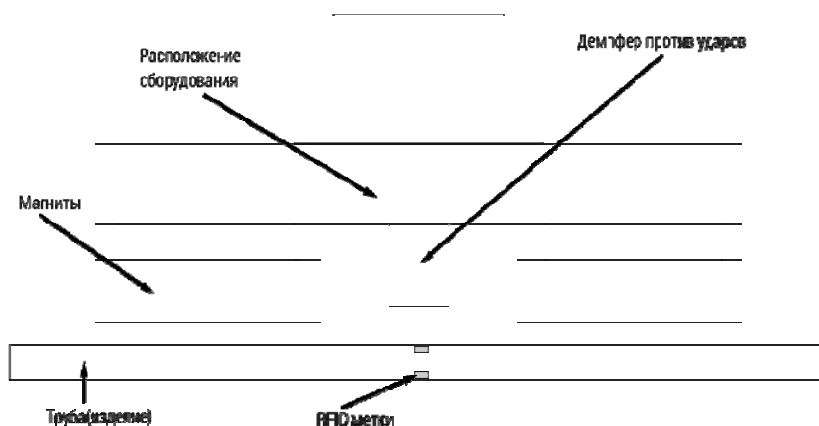


Рис. 1. Схема крана с перемещаемой заготовкой и RFID-меткой

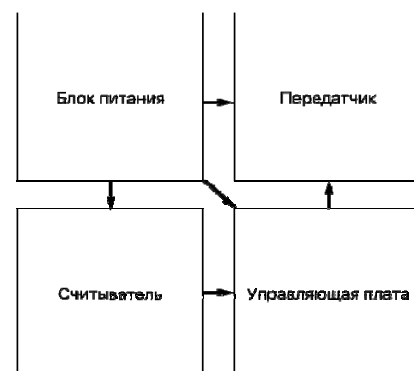


Рис. 2. Схема оборудования

Описание алгоритма

Для распознавания местоположения стеллажей необходимо использовать активные метки, расположенные на столбах, удерживающих трубы в стопах. Такие метки работают на более дальних расстояниях, до 20 м. С помощью множественного распознавания можно добиться 100 % уровня достоверности за счет анализа частотного появления в зоне считывания. Особенностью данного алгоритма является его непрерывная работа, которая не требует вмешательства человека для запуска/остановки. Работу алгоритма можно разделить на две логические части:

1. Накопление данных о частоте считывания за единицу времени n .

$$\zeta[\tau, \alpha] = \sum n,$$

где ζ – частота (появление интервал), τ – промежуток времени, α – идентификационный номер метки стеллажа, n – количество появлений метки за время τ .

Эта часть алгоритма работает постоянно и состоит из двух независимых хранилищ: хранилища данных с меток труб и хранилища данных с меток стеллажей. Данные хранятся как множество ключей, множество ключей-значений, при этом в главном множестве ключом является временная информация о периоде считывания, а значение ключа – это уникальное значение метки. Представим собираемую информацию в табличном виде в выборке за 1 мин. с двумя метками стеллажей (см. таблицу). Из таблицы видно частотное появление метки за отрезок времени в 5 с.

Таблица

Частота появления метки за 5 с

Время	Метка 1	Метка 2
12:00:00	11	1
12:00:05	19	3
12:00:10	16	1
12:00:15	17	4
12:00:20	10	3
12:00:25	8	7
12:00:35	5	11
12:00:40	1	15
12:00:45	2	14
12:00:50	1	18
12:00:55	3	21
12:01:00	1	19

Проверка позиционирования крана. Эта часть алгоритма основывается на статистике, собираемой первым модулем.

За каждый прошедший период τ проверяется частотное появление метки стеллажа (рис. 5).

Из графика (рис. 5) видно, что в момент времени 12:00:20–12:00:30 происходит переход из места хранения с меткой 1 в место хранения с меткой 2. Таким образом, алгоритм детектирования перехода будет следующий.

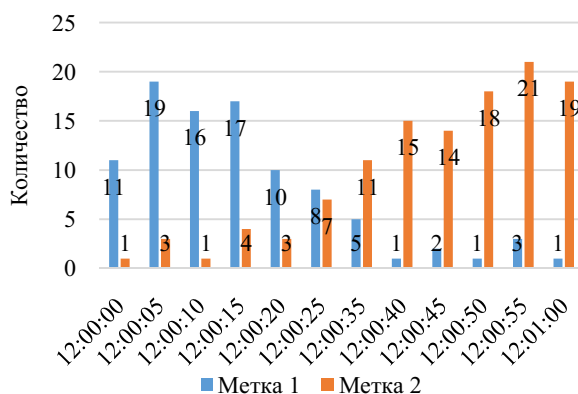


Рис. 5. Частотное распределение появления меток во времени

Если текущая позиция (номер стеллажа) отсутствует, то устанавливается метка с максимальным частотным значением за n секунд статистики:

$$\gamma_{\max} = \alpha [n_{\max}],$$

где $\gamma_{\max}$ позиция с максимальной частотой появления.

Как только частотное появление метки превысит текущую, запускается таймер, значение задержки выбирается экспериментальным путем и является константой.

$$\tau_{\text{time}} = \tau_{\text{overall}} / 2,$$

где τ_{time} – время запуска таймера, τ_{overall} – общее время текущего перемещения.

Если метка меняется и таймер не успел сработать, то таймер сбрасывается и запускается заново. В случае, если таймер сработал, выдается информация о перемещении в виде идентификатора начальной и конечной метки стеллажа.

Данные о перемещении отправляются на сервер посредством сети Wi-Fi, где они агрегируют и преобразуются в карту перемещений за определенный период. Формируется база данных о местоположении любой продукции на территории завода и информация о сбыте. За счет карты перемещений возможна местная или полная оптимизация процесса производства, способная снизить расходы на производство и увеличить эффективность (скорость). Именно такую цель в данный момент преследуют большинство предприятий в послекризисный период.

Экспериментальные данные

Для наблюдения за перемещением продукции система САИМ постоянно следит за состоянием крана (рис. 6).

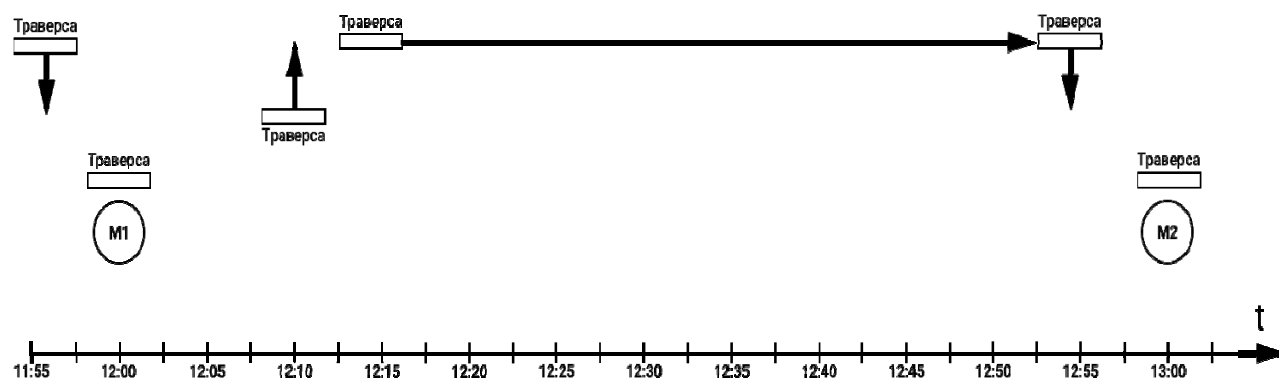


Рис. 6. Временная диаграмма перемещения груза (t – ось времени перемещения)

При описании состояния этапов во времени получится следующий список:

1. Траверса опускается к продукции при помощи крана, в системе появляется скачок по количеству считываемых меток (рис. 7, время 11:50–12:00).

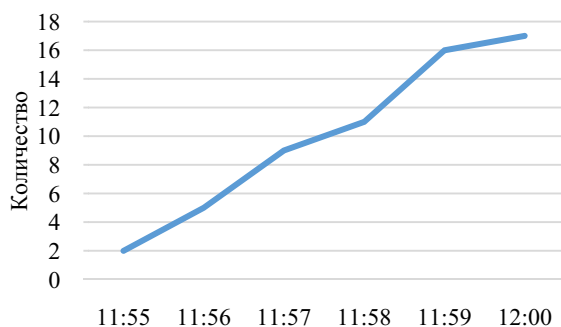


Рис. 7. Количество считываемых меток за время 11:50–12:00

2. Во время погрузки (сцепки) тросов находится над продукцией в зоне стеллажа 1, в системе накапливается количество появления меток стеллажа во времени. Статистика накапливается за 5 с (рис. 8, время 12:00–12:10).

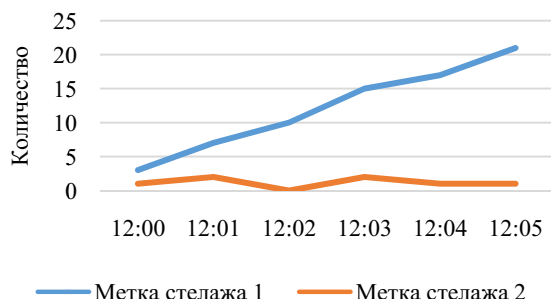


Рис. 8. Количество считываемых меток за время 12:00–12:10

3. Траверса с грузом поднимается, количество появлений поднятых меток в системе возрастает (рис. 9, время 12:10–12:15).

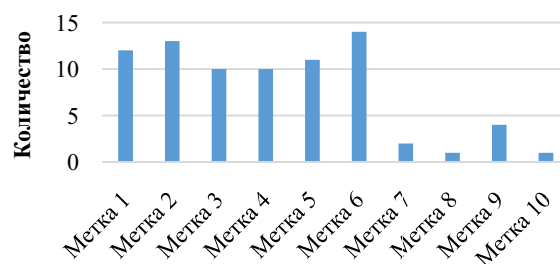


Рис. 9. Количество появлений поднятых меток за время 12:10–12:15

4. Траверса перемещается, в системе регистрируется спад количества считываний с метки первого стеллажа и возрастание количества считываний со второй (рис. 10, время 12:15–12:35).

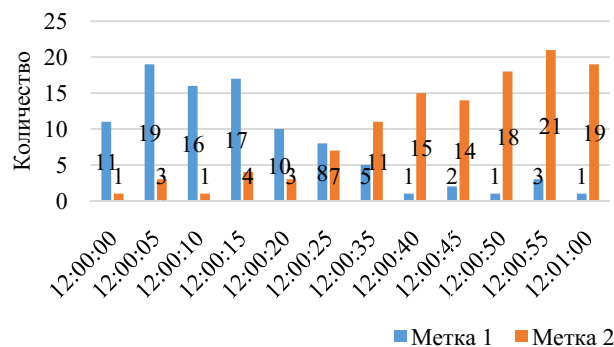


Рис. 10. Количество появлений поднятых меток за время 12:15–12:35

5. Траверса направляется ко второму стеллажу, система регистрирует большее количество считываний второй метки стеллажа и запускает таймер (время 12:35–12:55). Таймер равен пути от одного стеллажа до другого (рис. 11).

6. Траверса опускается, регистрируется увеличение считывания метки 2 (время 12:55–13:00).

7. Траверса разгружается, в системе срабатывает таймер. Система регистрирует окончание перемещения по отсутствию регистрируемого количества считываний со следующей метки стеллажа (время 13:10).

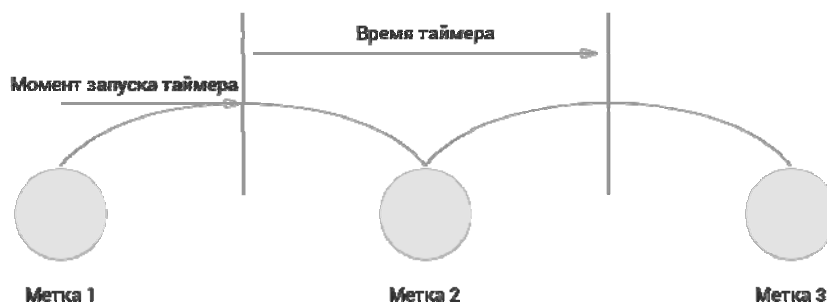


Рис. 11. Перемещение продукции между стеллажами

Выводы

Разработан алгоритм обработки данных считывания RFID-меток для контроля перемещения продукции на производственных предприятиях. Решена задача повышения достоверности автоматической идентификации за счет алгоритма обработки накопленных данных в период перемещения промышленной продукции. Предложен универсальный прибор для крепежа на траверсу, позволяющий автоматически считывать RFID-метки. Проведены эксперименты, доказывающие работоспособность и эффективность метода решения данной задачи.

References

1. Muhammad Shahzad Alex X. Liu Identification of Active RFID Tags with Statistically Guaranteed Fairness[2015 IEEE 23rd International Conference on Network Protocols (ICNP)], 2015, 279–290 p., DOI: 10.1109/ICNP.2015.23
2. Muhammad Shahzad Alex X. Liu Probabilistic Optimal Tree Hopping for RFID Identification [IEEE/ACM Transactions on Networking], 2015, 796 – 809 p., DOI: 10.1109/TNET. 2014. 2308873
3. Alberto Isasi Sergio Rodriguez Location, tracking and identification with RFID and vision data fusion [Smart Objects: Systems, Technologies and Applications (RFID Sys Tech), 2010 European Workshop on], 2010, p. 1-6.

УДК 004.023

Д.В. Храмешин
Выксунский металлургический завод (г. Выкса),
З.К. Кабаков, Т.А. Окунева, В.Р. Аншелес
Череповецкий государственный университет
В.И. Славов
Череповецкое высшее военное инженерное училище радиоэлектроники

ПРИМЕНЕНИЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫБОРКИ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

Статья посвящена использованию эвристического муравьиного алгоритма для нужд статистического контроля процессов. Указанный алгоритм применяется для быстрого поиска и исключения из исходного набора данных записей, снижающих качество рассчитываемых на набор регрессионных уравнений, но формально не являющихся выпадами и поэтому не обнаруженные стандартными статистическими методами при первоначальной подготовке данных.

Муравьиный алгоритм, статистический контроль процессов, регрессионный анализ, эвристика, мультиколлинеарность.

The article deals with usage of heuristic ant colony algorithm for searching rows within initial data set, which affect regression calculations in a bad way. It removes such rows from data set, even if they were not considered as outliers when the set was treated with default statistical analysis. That helps to calculate multiple regression for further prediction of product's mechanical properties.

Ant colony algorithm, Statistical process control, regression analysis, heuristic, multicollinearity.

Введение

В условиях стабильности технологического процесса производства горячекатаного металла снижение издержек на прямые испытания готовой металлопродукции может быть осуществлено за счет внедрения статистического неразрушающего контроля качества. Отраслевой стандарт, позволяющий осуществлять контроль механических свойств рулонного проката через корреляционную зависимость технологических параметров, накладывает жесткие ограничения на значимость регрессионных уравнений.

Для удержания риска потребителя в заданных рамках к исходной выборке, используемой для построения регрессионных уравнений, предъявляются повышенные требования. Подготовка выборки с большим объемом данных и анализ имеющихся в ней выпадов становится нетривиальной задачей.

В данной работе представлен метод подготовки исходной выборки при использовании муравьиного алгоритма и опыт его применения на заводе «Литейно-прокатный комплекс» (ЛПК г. Выкса) для расчета относительного удлинения стали марки «20». Пока-