

вариабельности периода дискретизации с подбором сдвигов дополнительных отсчетов. Процесс формирования состоит из следующих этапов:

- выделить точку в начале ТР-интервала ЭКС;
- определить амплитудно-временные параметры отсчетов: масштабный коэффициент  $K_I$  и период дискретизации  $T_d$ ;
- вычислить период сдвига дополнительных отсчетов для полученного значения периода дискретизации.

Формирование СДО начинается с крайней левой точки дополнительного отсчета. Формирование отсчетов происходит в циклах по длительности отсчета, в которых происходит перемножение амплитуды сигнала с масштабным коэффициентом в зависимости от того, является ли отсчет дополнительным. При формировании сдвигов используется цикл по рассчитанному времени сдвига, в котором амплитуда сигнала умножается на ноль. В качестве критериев для определения положения текущего времени  $t$  используются характерные точки СДО (появление и окончание отсчетов).

#### *Библиографический список*

1. Yu. Bulgakov, T. Vitiazeva and A. Mikheev Research of the Spectrum of a Complex Discrete Samples with Sample Rate Variability/ 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO – 2021) Proceedings. Budva, Montenegro. IEEE Catalog Number: CFP2039T-ART. pp. 323-326.

5. Булгаков Ю.А., Витязева Т.А., Михеев А.А. Сложные дискретные отсчеты в задачах обработки электрокардиосигнала // Биомедицинская радиоэлектроника. 2021. Т. 24. № 4. С. 76–82.

6. Yu. Bulgakov, T. Vitiazeva and A. Mikheev Formation of Complex Discrete Samples of Measuring Signals with a Sampling Period Variability/ 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO – 2022) Proceedings. Budva, Montenegro. IEEE Catalog Number: CFP2239T-USB. pp. 275-278.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ЛОГИСТИКЕ**

Ю.А. Воронова

Научный руководитель – Поляковский В.В., магистр техн. наук  
**Белорусский государственный университет информатики  
 и радиоэлектроники**

Логистическая цепочка – это сложная система, представляющая собой совокупность физических объектов, например, складов или логистических центров, транспортных потоков и политик обслуживания, которые ими управляют. Набор этих политик достаточно широк: от правил, по которым товары отгружаются со склада, размеров грузового транспорта и частоты его рейсов до тарифов на погрузку и транспортировку [1].

Чтобы выполнить перевозку груза от начала до конца, логистическая отрасль в значительной степени полагается на такие данные, как информация о местоположении, логистическая сеть и объемы запасов, поступающие из разных сторон в любой момент времени.

Следовательно, неточные данные от третьих сторон, ручные процессы и медленные ответы приводят к многочисленным недостаткам в системе.

Эти проблемы можно решить путем создания цифровых двойников физической логистической сети. Цифровая копия физических объектов дает представление о производительности, потенциальных ошибках и сбоях, улучшая общую структуру и эффективность.

Цифровые двойники позволяют поставщикам логистических услуг и другим компаниям, участвующим в цепочке поставок, предоставлять партнёрам повышенную прозрачность и повышать спрос потребителей.

Цифровой двойник логистической цепочки представляет собой математическую модель, которая полностью повторяет принципы действия в управлении цепочками поставок. По сути, это виртуальный двойник совокупности реальных бизнес-процессов. Рассмотрим проблемы, решаемые с помощью использования цифровых двойников в логистике.

Во-первых, цифровой двойник поможет в управлении транспортом и маршрутами. Создание цифрового двойника обеспечивает своевременное оповещение водителя о критических ситуациях, таких как: пробки, аварии, пожары, ураганы и другие происшествия, и предлагает новые маршруты. Технология может также предотвратить неаккуратное вождение или нарушения, сигнализируя о них водителю. Результат применения – экономия топлива и времени.

Во-вторых, с помощью применения цифрового двойника возможно добиться улучшения обработки грузов в портах с помощью цифровых моделей. Логистические узлы, такие как аэропорты, морские порты и т.д., являются сложными системами для управления: несовершенство системы или человеческие ошибки могут создать проблемные места. Вероятность возникновения проблем может быть снижена с помощью использования цифровых двойников.

К примеру, Errison и порт Ливорно в Италии работают над созданием цифрового двойника для устранения неэффективности в обработке грузов, погрузке и разгрузки грузов. Это достигается путем создания цифровой копии территории порта в режиме реального времени с использованием сети 5G, умных датчиков, а также современных камер видеонаблюдения.

Цифровые двойники также могут использовать спутниковые фотосъемки и навигационные системы для оценки в реальном времени всего пути следования грузов.

В-третьих, использование цифровых двойников влияет на повышение эффективности на складах и в логистических центрах. Цифровые двойники позволяют создавать точные макеты складов и логистических центров. Это позволяет компаниям переосмыслить как новые планировки могут повысить эффективность деятельности без ущерба для текущих операций.

Кроме того, благодаря последним достижениям в области складских технологий, таких как автоматические роботы, системы подсчета, автоматизированное оборудование для хранения и поиска товаров, компании могут объединить данные, полученные от этих систем, для улучшения планировки склада и повышения производительности.

Например, компания DHL в сотрудничестве с производителем упаковки для пищевых продуктов Tetra Pak смоделировала все действия и оборудование на одном из своих складов. Это позволило им изучить

перемещение упаковок и функциональность оборудования в целях повышения эффективности.

В-четвертых, использование цифровых двойников обеспечивает защиту грузов. Компании могут объединить данные о товарах и об упаковке, чтобы понять, как различные условия упаковки могут повлиять на товар, еще до того, как первая поставка будет отправлена. Цифровые двойники непрерывно собирают данные и помогают выявить потенциальные недостатки во всех процессах от производства товара до его доставки клиенту.

Датчики используются для сбора и передачи данных в несколько точек данных во время перехода фактической поставки. Данные за предыдущие шесть месяцев могут быть сохранены, а повторяющиеся тенденции могут быть замечены и устранены, защищая и улучшая будущие операции [2].

Таким образом, цифровые двойники становятся эффективным инструментом принятия решений в логистике, где цепочки поставок играют большую роль.

#### *Библиографический список*

1. Digital twins in logistics: real gains from real-time models [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gep.com/blog/mind/digital-twins-logistics-warehouse-shipments> – Дата доступа: 27.10.2022.

2. Digital twins and Artificial Intelligence in logistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cloudflight.io/en/blog/digital-twins-and-artificial-intelligence-in-logistics/> – Дата доступа: 27.10.2022.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА**

О.К. Головнин

### **Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева**

Развитие интеллектуальных технологий, а также технологий интеллектуальных транспортных систем приводит к улучшению дорожно-транспортной ситуации [1-3]. В работе предложена концепция интеллектуальной транспортно-логистической системы, которая может иметь в своем составе компоненты, построенные на различных технологических уровнях. Интеллектуальная транспортно-логистическая система планируется в составе двух основных программных блоков с сопутствующими подсистемами:

1. Программная платформа интеллектуальных транспортных сервисов, обеспечивающая предоставление сведений и функциональных возможностей интеллектуальной транспортно-логистической системы пользователям и реализацию возможности интеграции с внешними системами;

2. Интеллектуальная система мониторинга, моделирования и поддержки принятия решений при управлении транспортными процессами в составе нескольких подсистем: система мониторинга характеристик транспортных потоков и объектов транспортной