

УДК: 519.876.5

Ивашкин Михаил Владимирович,
Младший научный сотрудник,
Институт экономики УрО РАН
г. Екатеринбург, Россия

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВОК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация:

В исследовании решается задача проверки логики цифрового двойника для формирования цепи поставок Российской Федерации. Методикой проверки является концептуальное моделирование. С помощью неё разрабатывается модель понимания текущих процессов сети поставок, вариант реализации модели цифрового двойника цепи поставок и формируется их оценка.

Ключевые слова:

Цифровые двойники, логистические объекты, концептуальное моделирование, оценка модели

Процесс формирования логистических отношений требует наличие прозрачной и устойчивой к сбоям системы организации перевозок цепи поставок. В исследовании под цепью поставок понимается сетевая концептуальная модель, включающая логистические объекты (узлы) и связи между ними (дуги). Логистические объекты – это физические ресурсы с ограниченной зоной ответственности. В Российской Федерации примерами таких ресурсов являются транспортно-логистические центры (ТЛЦ), контейнерные терминалы (КТ), транспортные средства, погрузочно-разгрузочные механизмы и др.

Для соответствия требованиям прозрачности и устойчивости логистических отношений используются методы по управлению материальными и информационными потоками логистических объектов [1]. Они применяются, когда решаются задачи по разработке информационных систем: управления транспортом (TMS, Transportation management system), расписанием (APS, Advanced Planning and Scheduling), цепями поставок (SCM, Supply Chain Management), ресурсами (ERP, Enterprise Resource Planning). В табл. 1 представлено описание функционала и примеры информационных систем для каждой из вышерассмотренных технологий.

Таблица 1 – описание функционала информационных систем управления транспортом

№	Технология	Функционал информационной системы	Примеры
1	TMS	Поддержка управления перевозок несколькими видами транспорта (напр. морской-автомобильный, автомобильный-железнодорожный и др.)	Яндекс. Маршрутизация, ReLog, Мегалогист, Махорта и др.
2	APS	Синхронизация планирования логистических перевозок, оптимизация доставки груза.	Ortems APS, ИТПП: Процессное произво, Галактика_АММ, Райтстеп СПМ и др.
3	SCM	Управление цепями поставок, оптимизация финансовых затрат	Lean ERP SCMo, RS.SCM, Infor SCM, Visary SCM и др.
4	ERP	Автоматизация логистических процессов перевозки грузов	1C: ERP, SAP ERP, Microsoft Dynamics, Oracle ERP, Парус, Галактика и др

Активное использование информационных систем выявило ряд недостатков, связанных с низким уровнем технического оснащения, локальным уровнем принятия решения и отсутствием критической информации о прохождении груза через объекты логистической цепи [2]. В ряде исследований их устранение связывают с технологией цифровых двойников.

В статье решается задача проверки логики применения цифровых двойников логистических цепей поставок методом концептуального моделирования на примере Российской Федерации. Разработанная с помощью методики модель AS IS позволяет дать устойчивое представление о логистических объектах и связях между ними, а также сформировать модель цифрового двойника цепи поставок в виде модели TO BE.

В настоящее время не существует общепринятого понимания цифрового двойника. В работе [3] с помощью анализа публикационной активности приводится три наиболее часто встречающиеся трактовки у авторов: M.Grives, Glaessgen и Stargel, Тао и др.

M. Grives даёт определение цифрового двойника с точки зрения управления жизненным циклом продукта. Двойник показывается в виде системы, имитирующей поведение физического объекта в виртуальном пространстве. Она описывается с помощью модели, состоящей в совокупности из трёх пространств: (1)

физического, (2) виртуального, (3) связи пространства (1) и пространства (2), с помощью которых осуществляется двунаправленный обмен данными между пространствами [4].

Glaessgen и Stargel на основе разработки М. Grives представили цифрового двойника как модель для авиационной и космической отрасли. В их работе двойник в совокупности состоит из физического тела воздушного судна, сенсоров и исторических данных [5].

Тао и др. дополнили модель М. Grives и скорректировали её для производственных процессов. В их работах к существующей модели добавлены два дополнительных пространства: обслуживание системы и хранения данных [6,7].

Далее в исследовании под цифровым двойником понимается модель концептуальной эквивалентности процессов физической виртуальной системы. Рис. 1 иллюстрирует общее понимание цифрового двойника на примере сети железных дорог Российской Федерации.

На рисунке элементами пространства (1) показаны узлы и дуги логистической цепи, включающие: возможные места строительства ТЛЦ и КТ и железные дороги. Их информационные потоки содержат элементы виртуального пространства (2), где узлами являются базы данных, а дугами – отношения между базами данных. Связь между пространствами (1) и (2) осуществляется в пространстве (3). Она реализуется с помощью сенсоров. Через них происходит считывание данных цифровыми двойниками физического пространства. Полученный в результате взаимодействия обмен обеспечивает синхронизацию и прозрачность обмена данными между цифровым двойником и цепью поставок.

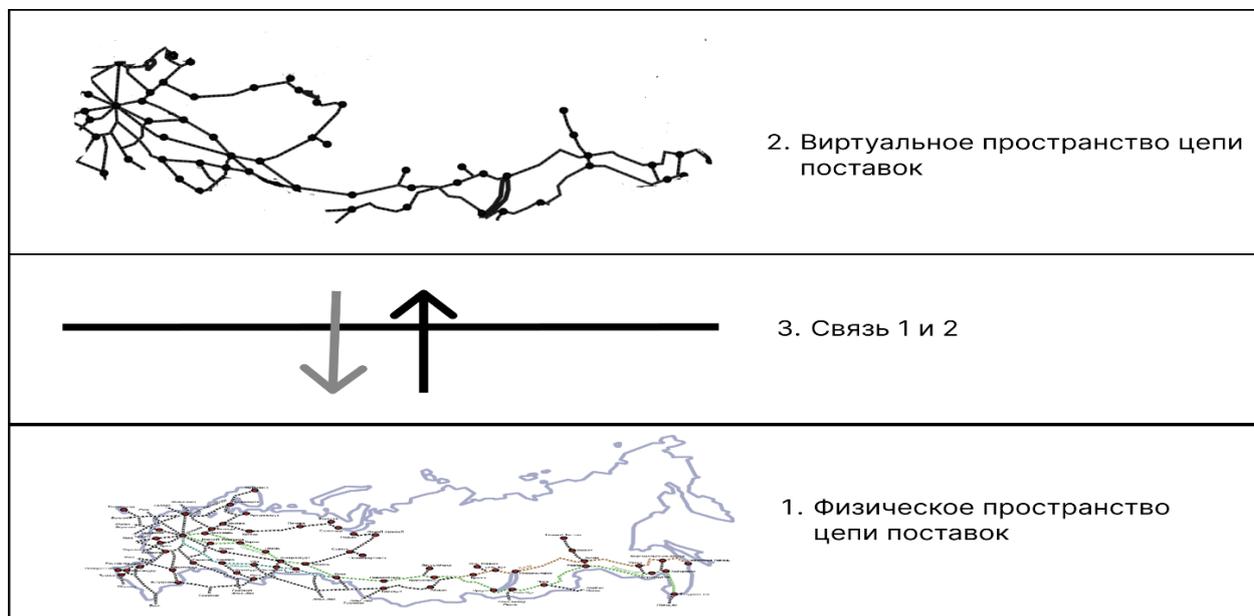


Рисунок 1 – понимание цифрового двойника цепи поставок на примере сети железных дорог Российской Федерации (1 – физическое пространство, 2 – виртуальное пространство, 3 – связь физического пространства с виртуальным)

Основываясь на понимании логистической системы с использованием информационных систем управления транспортом формируется графическая концептуальная модель AS IS текущего состояния процессов цепи поставок (рис. 2).

Рисунок иллюстрирует процесс движения материальных физического пространства (1) и цифровых потоков виртуального пространства (2) от отправителя к получателю. Физическое пространство (1) включает доставку груза одним и множеством видов транспортных средств (на рисунке показано в виде грузовика, поезда, парома) и этапы прохождения груза через узлы транспортной сети. Виртуальное пространство (2) отражает двунаправленный обмен данными, реализуемый с помощью информационных систем по отслеживанию движения грузов (TMS, APS, SCM, ERP).

Из модели AS IS следует, что функционирование информационных систем в цепи поставок осуществляется независимо друг от друга. Следствием этого является отсутствие прозрачного обмена данными, что в конечном итоге приводит к проблеме систематических задержек и увеличению времени доставки груза.

Модель TO BE показывает цифрового двойника цепи поставок как надстройку, связывающую физическое и виртуальное пространство через сенсоры. На рисунке цифровой двойник является центром делегирования полномочий среди участников логистической цепи: перевозчиком, отправителем, получателем. Обмен данными между цепью поставок и её цифровым двойником можно реализовать с помощью системы управления базами данных, сетей пятого поколения (5G), облачных технологий и блокчейна.

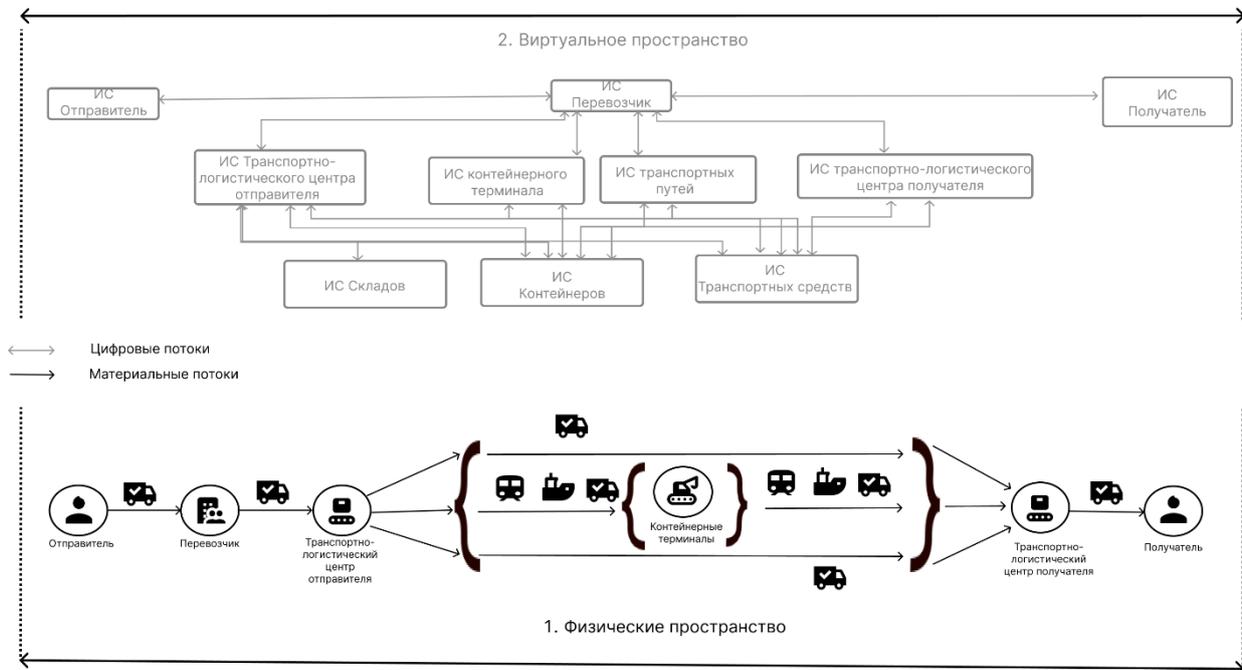


Рисунок 2 – Модель текущих процессов цепи поставок (AS IS) логистической системы. Возможное решение проблемы может быть связано с внедрением модели цифрового двойника в логистическую систему. Один из вариантов описывается моделью TO BE (рис. 3).

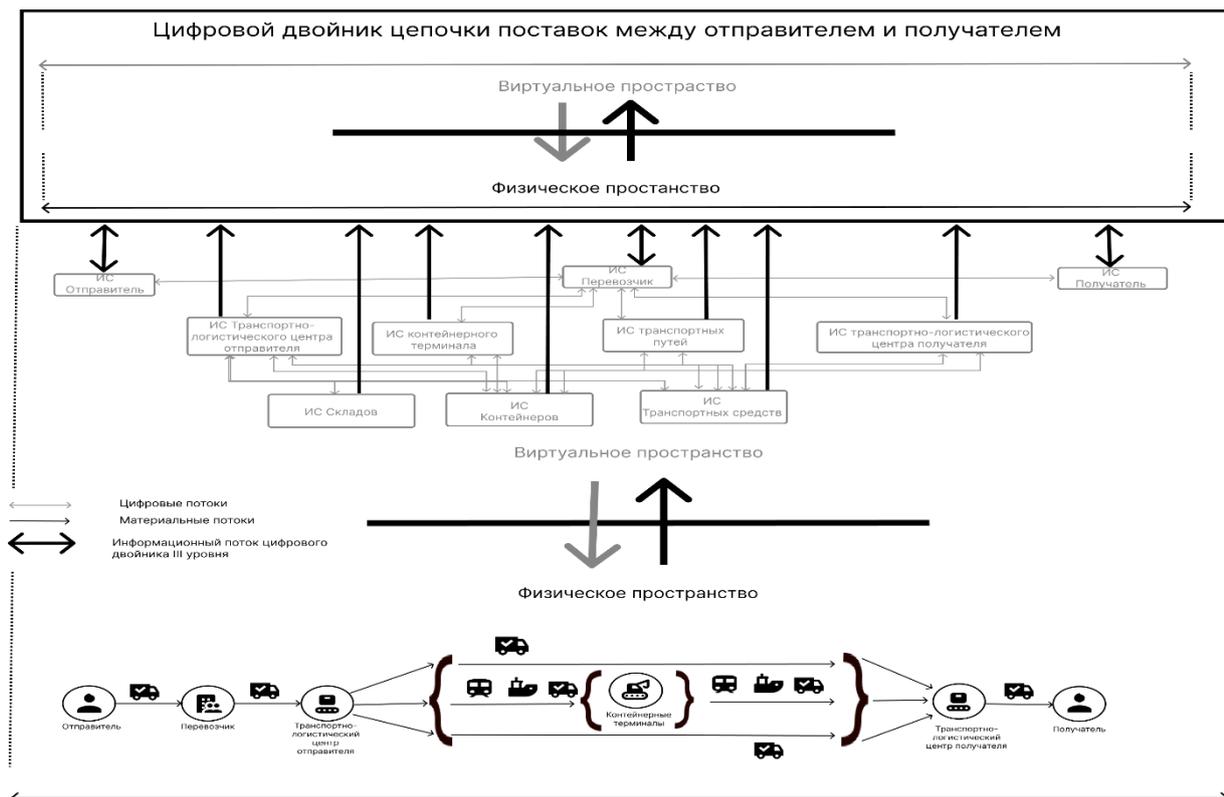


Рисунок 3 – Вариант реализации модели TO BE цифрового двойника цепи поставок

При внедрении модели в цепь поставок следует отслеживать количественные и бинарные показатели. К количественным показателям относятся: скорость передачи информации и доставки груза, время прохождения груза через узлы транспортной сети. Бинарными показателями определяется надёжность цепи поставок, уровень доверия и др.

Отклонение модели AS IS и TO BE определяет возможные преимущества и угрозы, мешающие разработке цифрового двойника цепи поставок для логистической системы. В работах [8,9] к преимуществам относят: (1) прозрачное перемещение груза через узлы логистической цепи, (2) сокращение стоимости и времени доставки груза до получателя, (3) ускорение интеграции новых узлов в действующую цепь поставок без накладных расходов, связанных с потерей пропускной способности. С угрозами часто связывают: недостаток

квалифицированного персонала и технологических решений, риск передачи недостоверных сведений к цифровому двойнику от узлов физического пространства, недостаток финансирования и отсутствие уровня безопасности цифрового двойника в Интернете.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Straube, F. e-Logistik: Ganzheitliches Logistikmanagement; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2004
2. Busse, A.; Gerlach, B.; Lengeling, J.C.; Poschmann, P.; Werner, J.; Zarnitz, S. Towards Digital. Twins of Multimodal Supply Chains. *Logistics* 2021, 5, 25. <https://doi.org/10.3390/logistics5020025>
3. Kaiblinger, A.; Woschank, M. State of the Art and Future Directions of Digital Twins for Production Logistics: A Systematic Literature Review. *Appl. Sci.* 2022, 12, 669. <https://doi.org/10.3390/app12020669>
4. Grieves, M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. *White Pap.* 2014, 1, 1–7.
5. Glaessgen, E.; Stargel, D. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. In *Proceedings of the 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference—Special Session on the Digital Twin*, Honolulu, Hawaii, 23–26 April 2012; American Institute of Aeronautics and Astronautics: Reston, VA, USA, 2012; p. 1818.
6. Tao, F.; Cheng, J.; Qi, Q.; Zhang, M.; Zhang, H.; Sui, F. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2018, 94, 3563–3576.
7. Tao, F.; Qi, Q. New IT Driven Service-Oriented Smart Manufacturing: Framework and Characteristics. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Syst.* 2017, 49, 81–91
8. Blomkvist, Y.; Ullemar Loenbom, L. Improving Supply Chain Visibility within Logistics by Implementing a Digital Twin: A Case Study at Scania Logistics; KTH Royal Institute of Technology: Stockholm, Sweden, 2020.
9. Elgarah, W.; Falaleeva, N.; Saunders, C.C.; Ilie, V.; Shim, J.T.; Courtney, J.F. Data Exchange in Inter-Organizational Relationships: A Review through Multiple Conceptual Lenses. In *Data Base for Advances in Information Systems; ACM SIGMIS Database; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, 2005; pp. 8–29.*

Ivashkin Mikhail V.

Junior Research Fellow
Institute of Economics,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Yekaterinburg, Russian Federation

ABOUT ONE PROBLEM OF SIMULATION MODELING OF REGIONAL MULTIMODAL TRANSPORTATION.

Abstract:

The study solves the problem of checking the logic of the digital twin to form the supply chain of the Russian Federation. The verification technique is conceptual modeling. With the help of it, a model for understanding the current processes of the supply chain is developed, an implementation option for the digital twin of the supply chain model and their assessment is formed.

Keywords:

Digital twins, logistics objects, conceptual modeling, model evaluation