

УДК 004.89:656.078

ОСОБЕННОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ

Искандеров Ю.М., Чумак А.С., Шахнов С.Ф. (Санкт-Петербург)

Ключевым фактором повышения эффективности транспортно-логистических процессов является релевантное имитационное моделирование, учитывающее особенности таких процессов и использующее преимущества технологий интеллектуальных систем (ИС) [1–11]. Указанный подход играет важную роль при моделировании планирования, организации и проведения перевозок негабаритных грузов, которые характеризуются уникальностью выполнения каждого проекта и высокой степенью риска его реализации [12]. Это связано, в первую очередь, с оценкой параметров груза, выбором транспортного средства, выбором технологий погрузки, определением маршрута и его длины, определением потребности в хранении груза, выбором режима перевозки.

Основная задача перевозчика при транспортировке груза – доставить его в нужное место в нужное время и с наименьшими затратами, т. е. по наименьшей возможной цене. В случае перевозки негабаритных грузов существуют дополнительные условия перевозки груза, такие как: перевозка груза через наименее населенные районы ночью, когда интенсивность движения на дороге наименее интенсивна, т. е. груз должен перевозиться исходя из требований минимизации риска.

Изучение процесса перевозки негабаритных грузов, начиная с маршрута, вида транспорта и типа транспортного средства и заканчивая планированием и осуществлением транспортных действий, показало, что отдельные части процесса транспортировки и операций на различных видах транспорта имеют очевидные сходства в терминах качества, но могут отличаться с точки зрения цены и времени реализации. Следовательно, существует возможность формирования вполне определенной имитационной модели, позволяющей находить адекватное решение задачи перевозчика.

В указанной модели, в общем смысле, нижеследующие факторы многокритериальной оценки и возможных условий могут различаться независимо от вида транспорта:

- дорожное покрытие и его состояние;
- особенности структуры и параметры транспортного коридора;
- необходимость проведения организационно-технических мероприятий;
- необходимость учета нормативных требований различного характера.

При проведении имитационного моделирования представленные факторы могут принимать определенные значения, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Значения факторов многокритериальной оценки при имитационном моделировании перевозки негабаритных грузов.

	Фактор	Значение
1.	Влияние дорожного покрытия на скорость движения грузов, S_{AD}	а) существенное б) несущественное
2.	Физическое качество дорожного покрытия на момент оценки, F_{AQ}	а) качество соответствующее б) требуются незначительные

		улучшения или серьезные работы
3.	Повороты дороги с низким радиусом, F_{AS}	а) радиус кривизны соответствует требованиям б) необходимы небольшие улучшения в) основные работы не требуются
4.	Коридор перевозки грузов на участке дороги слишком узкий, F_{AKS}	а) ширина коридора соответствующая б) необходимы небольшие улучшения в) требуются крупные работы г) проблема не может быть рационально решена
5.	Коридор грузоперевозок на участке дороги слишком низкий, F_{AKZ}	а) высота коридора соответствующая б) необходимы небольшие улучшения в) требуются крупные работы г) не может быть рационально решена
6.	Недостаточная грузоподъемность моста, F_{AT}	а) грузоподъемность моста соответствует условиям грузоперевозок б) необходима металлическая рампа в) должен быть установлен виадук г) должен быть построен новый мост / набережная (строительство моста необходимой длины; проблема не может быть рационально решена)
7.	Максимальный вес перевозимого груза, $K_{св}$	а) до 100 т б) 100–250 т в) 250– 550 т г) более 550 т
8.	Необходимость установки перевалочных площадок, F_{AP}	а) нет необходимости устанавливать перевалочный участок б) количество необходимых перегрузочных площадок
9.	Необходимость установки (временного) места хранения грузов, F_{AY}	а) нет необходимости устанавливать места хранения грузов б) количество необходимых мест хранения грузов

10.	Препятствия в отношении правовых (в том числе экологических) требований, F_{AJ}	а) количество городов / населенных пунктов, которые необходимо пересечь (количество населенных пунктов на маршруте, расстояние между поселениями) б) количество охраняемых территорий, которые необходимо пересечь
11.	Интенсивность использования традиционных видов транспорта на обследуемом участке дороги S_{AI}	а) низкая б) средняя в) высокая
12.	Влияние сезонности на возможность перевозки грузов, K_{SE}	а) по месяцам б) по времени года

При разработке модели перевозки такого характера, решение каждой проблемы определяется при рассмотрении нескольких вариантов транспортировки. Тем самым, оптимальное решение выбирается путем изучения всех значений с соответствующими решениями.

Поскольку перевозка негабаритных грузов представляет собой сложный динамический процесс, для осуществления которого необходим значительный объем достоверной разнородной информации, а также требуется обязательное выполнение указаний нормативных документов, регламентирующих такую перевозку, в модели используется база знаний (БЗ), содержащая необходимые сведения, в том числе [13]:

- схема и описание маршрута движения;
- характеристики и параметры транспортных средств, участвующих в движении;
- схема (ы) размещения и крепления груза;
- график движения по маршруту с учетом интенсивности дорожного движения;
- схемы организации движения и прикрытия на участках, имеющих ограниченную видимость, и места, указанные в графе "Особые условия" специального разрешения, утвержденного Приказом Минтранса России [14], с указанием расположения автомобилей прикрытия, схемы изменения организации дорожного движения;

- порядок проезда наиболее сложных участков маршрута (поворотов, перекрестков, железнодорожных переездов, сужений проезжей части, участков с выездом на полосу встречного направления движения и с ограниченной видимостью) с нанесенной на схему траекторией движения.

Таким образом, в современных условиях при имитационном моделировании рассматриваемой транспортировки, для успешной реализации, необходимо использовать БЗ [15]. Следует обратить внимание на два принципиально важных аспекта, заложенных в идее предлагаемого подхода. Во-первых, подход ориентирован на такую последовательность обработки информации, которая используется специалистом при принятии решений в этой области деятельности. Во-вторых, подход позволяет реализовать автоматизированное планирование, управление и контроль всего транспортно-логистического процесса в режиме реального времени с учетом требования минимизации используемых различного рода ресурсов на основе соответствующих программно-аппаратных средств моделирования для принятия релевантного решения. На рис. 1 представлена обобщенная структура модели, реализующей интеллектуальную поддержку транспортировки негабаритных грузов.

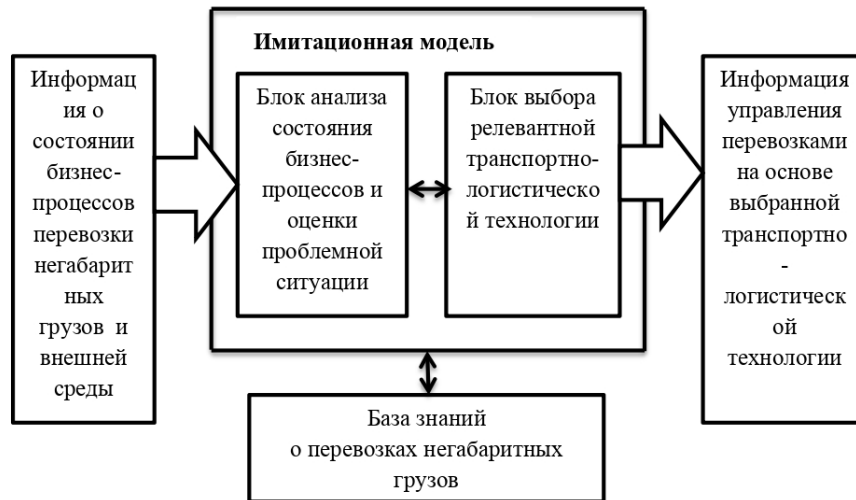


Рис. 1. Обобщенная структура модели, реализующей интеллектуальную поддержку транспортировки негабаритных грузов

Ключевым элементом при моделировании является БЗ, в которой концентрируется вся необходимая информация для реализации перевозки негабаритных грузов (содержание электронных информационных ресурсов, печатных изданий, рукописных материалов, неформальные знания и опыт экспертов и др.), внутренняя форма которой задается специальными средствами обработки знаний, а внешняя форма обеспечивает ее представление в удобном и привычном для пользователя виде. На рис. 2 представлен элемент структуры БЗ, отражающий знания о правовых и технологических аспектах моделируемой транспортировки.

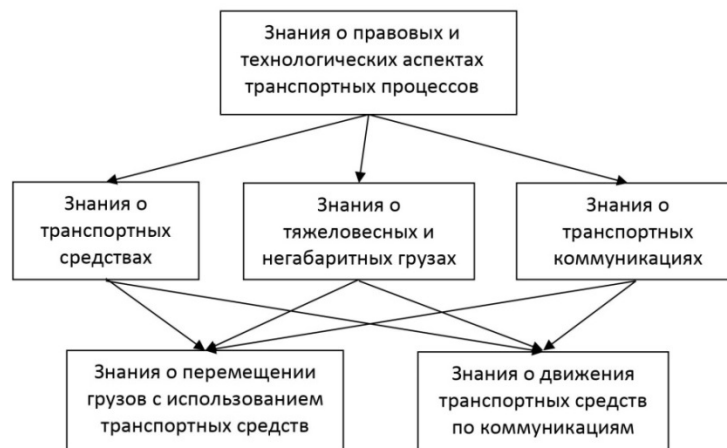


Рис. 2. Элемент структуры БЗ, отражающий знания о правовых и технологических аспектах моделируемой транспортировки

Создание и применение имитационных моделей совместно с элементами ИС является важным направлением в обеспечении цифровой трансформации бизнес-процессов, имеющее значительные перспективы практического использования, особенно учитывая достижения концепции «Internet of Things» (IoT).

Интеллектуальная поддержка, реализованная на основе предложенного подхода, позволит менеджменту эффективно строить текущие и перспективные бизнес-процессы:

- Управление маршрутами передвижения транспортных средств;
- Управление подвижным составом и грузом;
- Планирование готовности подвижного состава;
- Планирование выполнения перевозок;
- Мониторинг, диспетчеризация и оперативные корректирующие действия;
- Анализ результатов выполнения перевозок.

Литература

1. Искандеров Ю.М. Особенности информатизации транспортно-технологических процессов в цепях поставок. Информатизация и связь. 2019. № 4. С. 31–37.
2. Лукинский В.С., Искандеров Ю.М., Соколов Б.В., Некрасов А.Г. Проблемы и перспективы использования интеллектуальных информационных технологий в логистических системах // Информационные технологии в управлении (ИТУ-2018). Материалы конференции. 2018. С. 80–89.
3. Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B. Cloud supply chain: integrating industry 4.0 and digital platforms in the “supply chain-as-a-service”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2022. Т. 160. С. 102676.
4. Соколов Б.В., Вивчарь Р.М., Птушкин А.И. Имитационное моделирование как инструмент обеспечения риск-ориентированного управления процессом создания сложных технических систем // Имитационное моделирование. Теория и практика: десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (ИММОД-2021): труды конференции / ред.: Плотников А.М., Долматов М.А., Смирнова Е.П., СПб., 2021. С. 49–64.
5. Соколов Б.В., Щербакова Е.Е. Аналитическое и имитационное моделирование в системе риск-ориентированного управления проектированием и использованием сложных организационно-технических объектов // Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова. 2022. Т. 1. С. 39–42.
6. McFarlane D., Giannikas V., Lu W. Intelligent logistics: Involving the customer. *Computers in Industry* (2016). URL: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.10.002>
7. Leitao P., Vrba P. Recent Developments and Future Trends of Industrial Agents // *Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing*. 2011. LNCS 6867. pp. 15–28.
8. Скобелев П.О. и др. Мультиагентные технологии для управления распределением производственных ресурсов в реальном времени // *Механика, управление и информатика*. 2011. № 5. С. 110–122.
9. Скобелев П.О. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития // *Информационные технологии*. 2013. №1. С. 1–32.
10. Борщев А. Имитационные модели как виртуальная среда для обучения и тестирования искусственного интеллекта для бизнес-приложений / А. Борщев, Arash Mahdavi, А. Жеребцов // Имитационное моделирование. Теория и практика: девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (ИММОД2019): труды. конференции, 16–18 октября 2019 г. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т., 2019. С. 20–29.

11. Емельянов А.А. Экономико-имитационное моделирование с элементами искусственного интеллекта / А.А. Емельянов, О.В. Булыгина, В.Г. Халин. М.: Неолит, 2018. 160 с.

12. Свистунова А.С., Чумак А.С. Интеллектуализация информационного обеспечения процесса перевозки негабаритных грузов // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. 12, 13 апреля 2018 г. / ред.: В.С. Лукинский и др. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2018. Ч. 2: мат. докл. 344 с.

13. Об утверждении Правил обеспечения безопасности перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 15 января 2014 г. №7.

14. Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов: приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 24 июля 2012 г. №258.

15. Искандеров Ю.М., Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Чумак А.С. Интеллектуальная поддержка принятия решений в логистических системах // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 2-1 (52). С. 145–153.