

УДК 681.26.06:004

DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-12-62-68

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ «УМНЫХ» АВТОМОБИЛЬНЫХ ВЕСОВ

С.Ю. Фирсова, А.В. Куликов, Б. Советбеков

Аннотация. Представлена разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений при проектировании «умных» автомобильных весов, ориентированной на повышение эффективности транспортных и логистических процессов при перевозочных этапах. Система основана на методах мозгового штурма и морфологического анализа, что позволило выявить и классифицировать основные подсистемы и элементы конструкции. Разработанные «умные» автомобильные весы обеспечивают автоматизацию взвешивания, идентификацию транспортных средств, а также формирование информационных показателей мультимодальных партий грузов разной классификации и типа. В статье предложены три варианта реализации «умных» автомобильных весов, различающиеся по критериям «цена – качество, мультимодальность и киберфизическая интеграция». Результаты исследования показывают перспективность внедрения интеллектуальных систем подобного типа на микро-, мезо- и макроуровнях транспортных сетей.

Ключевые слова: мультимодальная партия груза; интеллектуальная система; критерии выбора; морфологический метод; мультимодальные метки; умные автомобильные весы.

«АКЫЛДУУ» АВТОУНАА ТАРАЗАЛАРДЫ ДОЛБООРЛООДО ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫК КОЛДОО ЧЕЧИМДЕРИНИН СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

С.Ю. Фирсова, А.В. Куликов, Б. Советбеков

Аннотация. Бул макалада Кыргыз Республикасындагы транспорттук жана логистикалык процесстерди оптималдаштыруу максатында иштелип чыккан «акылдуу» автоунаа таразалаарын долбоорлоодо чечим кабыл алууну колдогон интеллектуалдык система сунушталат. Система «акылдуу» тараза катары кабылданып, мээ чабуулу жана морфологиялык анализ ыкмаларынын негизинде түзүлгөн, бул негизги подсистемаларды жана алардын элементтерин аныктоого кенири мүмкүндүк берет жана абдан чон мүмкүнчүлүктөргө ээ. Иштелип чыккан «акылдуу» автоунаа таразалаары жүктөрдү автоматтык таразалоону, автоунааларды идентификациялоону жана мультимодалдык жүк партиялары боюнча маалыматтык көрсөткүчтөрдү түзүүнү камсыз кылат. Макалада «баа–сапат, мультимодалдуулук жана кибер-физикалык интеграция» критерийлерине жараша кардарларга үч вариант сунушталат. Изилдөөнүн натыйжалары болуп, бул системаны транспорттук тармактардын микро-, мезо- жана макро деңгээлдеринде колдонуу келечектүү экенин көрсөтөт.

Түйүндүү сөздөр: жүктүн мультимодалдык партиясы; интеллектуалдык система; тандоо критерийлери; морфологиялык ыкма; мультимодалдык белгилер; акылдуу унаа таразалаары.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DESIGN SMART CAR SCALES

S.Yu. Firsova, A.V. Kulikov, B. Sovetbekov

Abstract. The paper presents the development of an intelligent decision support system for the design of “smart” car scales, aimed at improving the efficiency of transport and logistics processes during transportation stages. The system is based on brainstorming and morphological analysis methods, which made it possible to identify and classify the main

subsystems and structural elements. The developed “smart” car scales provide automation of weighing, identification of vehicles, as well as the formation of information indicators for multimodal shipments of various classifications and types. The article suggests three implementation options for “smart” car scales, differing in terms of “price–quality, multimodality and cyber-physical integration” criteria. The results of the study show the prospects of implementing intelligent systems of this type at the micro, meso and macro levels of transport networks.

Keywords: multimodal cargo shipment; intelligent system; selection criteria; morphological method; multimodal tags; smart car scales.

Введение. Основной показатель, влияющий на производительность автомобиля – это грузоподъемность и ее использование. В формуле расчета производительности грузоподъемность и коэффициент использования грузоподъемности находятся в числителе и представляют линейную зависимость, обеспечивая прямо пропорциональный рост производительности [1–3].

Существуют различные средства измерения веса перевозимого груза и груженого автомобиля. В рассматриваемых работах [4–6] не учитывается мультимодальность партии груза. Мультимодальный груз должен обладать следующими характеристиками: иметь определенные электронные метки, характеризующие его свойства и принадлежность к партии и видам транспорта всей мультимодальной цепочки от поставщика к конечному потребителю. Метки могут быть активные с дополнением устройств, определяющих трекер – местоположение груза на электронной карте. Главная задача: сохранить информацию о перевозимой партии во всей мультимодальной системе, так как в мультимодальных цепях происходит деление партии. В автомобильных перевозках осуществляется помашинная отправка, для железнодорожных перевозок возможны сбор всей партии и отправка потребителю или повагонная отправка частей партии. Конечным местом сбора всей партии является морское или речное судно, которое должно загружаться за минимальное время, и к моменту погрузки вся партия должна быть собрана в логистическом портовом терминале. Информационный поток должен опережать материальный поток и позволять отслеживать всю необходимую информацию о мультимодальной партии груза.

Как выбрать весы для определения веса груза, перевозимого в автомобиле? Какими свойствами они должны обладать? Какие интеллектуальные компоненты они должны включать в себя? Для ответа на эти вопросы необходимо использовать системный подход, обеспечивающий системный поиск необходимых факторов: классификация весовых платформ; форма весов; для каких автомобилей используются весы; объединение процесса взвешивания с информационными потоками документооборота обеспечения мультимодальности перевозочного процесса.

Применяя системный подход в организации, технологии перевозок мультимодальных грузов, можно рассматривать три уровня: микроуровень (один маршрут и один вид транспорта), мезоуровень (маршруты и транспортное средство одной транспортной системы) и макроуровень (взаимодействие различных видов транспорта в единой транспортной системе).

В звеньях мультимодальной системы отправки автомобильным транспортом собираются снова в единую грузовую партию. Предлагается разработать устройство, которое бы позволяло давать полную характеристику грузовым компонентам перевозимой партии. Для этого партия должна иметь электронные метки, которые ставятся отправителем в момент формирования отправки на каждом грузовом месте (транспортном пакете).

Исходя из вышеизложенного, возникает потребность в разработке «умного» транспортного устройства, которое бы проводило взвешивание груза и формировало информационные показатели отправляемой партии.

Предлагаем в пункте погрузке у отправителя использовать такое устройство, как «Умные автомобильные весы» (УАВ) – интеллектуальная система нового поколения, обеспечивающая мультимодальность перевозок грузов.

Целью данной работы является разработка интеллектуальной системы УАВ как транспортного компонента мультимодальных перевозок. УАВ должны проводить взвешивание, учет груза

и автомобиля для формирования информационных показателей отправляемой мультимодальной партии груза.

Для достижения поставленной цели при формировании партии груза в мультимодальных перевозках и разработке вариантов УАВ был применен системный подход и методы проектирования поддержки принятия решения [7–13].

Материал и методы исследования. При выполнении работы использовались методы поиска информации через сеть Интернет, а также методы системного подхода и системного анализа. Использовались методы генерации идей при поддержке принятия решения («мозговой штурм», морфологический метод).

Результаты исследования и их обсуждение. Исходя из классификации перевозимых грузов, большинство промышленных грузов отправляются укрупненными единицами в виде паллет – транспортных пакетов. Также возможна перевозка сыпучих, инертных грузов и грузов в контейнерах. Партия груза должна иметь важные характеристики: объемные, весовые и информационные. В работах [1–3, 6] рассмотрены методики определения объемов перевозимых партий.

Системный подход позволяет рассматривать продвижение партии грузов на трех уровнях.

Первый уровень (микроуровень): партия груза разбивается на компоненты помашинных отправок, при этом подвижной состав работает по определенному маршруту.

Второй уровень (мезоуровень): партия груза разбивается на грузовые компоненты помашинных отправок или проходит в полном объеме по транспортной сети одного вида транспорта.

Третий уровень (макроуровень): партия груза разбивается на грузовые компоненты помашинных отправок или проходит в полном объеме по транспортным сетям различных видов транспорта (мультимодальные перевозки).

Партия груза должна иметь возможность разбиваться на отправки по автомобилям и далее собираться в звене для дальнейшей отправки другим видом транспорта. Для этого партия должна иметь электронные метки, которые ставятся отправителем в момент формирования отправки груза.

Вопросы разработки физических интеллектуальных объектов представляют собой сложный процесс, включающий множество действий, в которых необходимо использовать системный подход и накопленный опыт проектирования поддержки принятия решений для получения результата [3, 10, 11].

Декомпозиция будущей интеллектуальной системы УАВ проводилась группой экспертов (транспортные логисты и системные инженеры) методом генерации идей. В результате получено интеллектуальное устройство, размещаемое в пункте погрузки, которое обладает следующими свойствами: умеет правильно начать работу (откорректировано и готово к измерению); способно провести идентификацию транспортного средства; помочь правильно установить транспортное средство на весовой платформе; провести взвешивание; сформировать и передать информационные массивы данных о весе и объеме груза с учетом общей партии (единицы отправки); определить правильность размещения груза на платформе автомобиля; определить нагрузку по осям автомобиля.

Для анализа, проектирования и оптимизации системы поддержки принятия решений проведем декомпозицию системы УАВ на подсистемы: «Метки», «Взвешивание», «Идентификация», «Безопасность» и «Информация». На основе экспертной оценки разработана структура подсистемы «RFID Метка», состоящая из взаимосвязанных элементов: антенна, считыватель, метка. В таблице 1 приведены характеристики наиболее распространенных видов RFID-антенн с присвоенным уникальным кодом для формирования морфологической таблицы, обеспечивающей проектирование поддержки принятия решения.

Все антенны обладают стандартным набором характеристик, но отличаются маркой производителя, видом поляризации, коэффициентом усиления и стоимостью. В таблице 2 представлены результаты часто используемых вариантов элементов подсистемы «Метки» с учетом предлагаемого кода: антенна, считыватель и метки.

Таблица 1 – Характеристика RFID антенн

Антенна	Внешний вид	Цена, руб.	Коэффициент усиления, dBi	Поляризация
AX-09PA12C040 (A41)		15 160	12	Круговая
AX-RFID09C09 (A42)		10 850	9	Круговая
Motorola AN 480 (A43)		13 930	9	Круговая
UHF RFID-антенна линейной поляризации (A44)		16 200	9	Линейная
UHF CLOU CL7205M (A45)		15 850	12	Круговая

Источник: собственная композиция авторов.

Таблица 2 – Варианты элементов подсистемы «Метки»

Элементы подсистемы	Альтернативные варианты элементов				
	1	2	3	4	5
RFID-антенна	AX-09PA12C040 (A41)	AX-RFID09C09 (A42)	Motorola AN 480 (A43)	UHF RFID (A44)	UHF CLOU CL7205M (A45)
					
RFID-считыватель	HF340 (B41)	HZ340 (B42)	Chainway UR4 UHF (B43)	Chainway U300 (B44)	Hopeland Shine 340 (B45)
					
RFID-метка RFID tag	PCB UHF RFID метка Dolphin Series 36x13 (C41)	Global Frequency UHF RFID 87x24 мм (C42)	Корпусированная UHF RFID-метка 53x53 (C43)	Корпусированная UHF RFID-метка 55x22 (C44)	TTF UHF RFID tag M-Warrior 61,5x14,3 (C45)
					

Источник: собственная композиция авторов.

В таблице 2 представлены названия, марка и внешний вид элементов подсистемы «Метка». Все разработанные подсистемы интеллектуальной системы УАВ формируются в аналогичных таблицах, кодируются и переносятся в сводную таблицу.

Применение морфологического метода позволило спроектировать систему поддержки принятия решения при создании вариантов интеллектуальной системы УАВ. Интеллектуальная система УАВ позволяет внедрить в мультиметку информацию о грузе при формировании партии.

Партия груза должна иметь определенные характеристики, позволяющие трансформировать ее согласно грузоподъемности выбранных единиц транспортных средств и использовать трехуровневый подход. Предлагается создать интеллектуальную систему УАВ для мультимодальных перевозок.

В морфологической таблице в каждой строке кодированные элементы обозначены определенным цветом, которые характеризуют предлагаемые три сценария проектирования интеллектуальной системы УАВ (таблица 3).

Таблица 3 – Морфологическая таблица кодированных подсистем и элементов интеллектуальной системы УАВ

Подсистема, i	Элементы подсистемы	Варианты элементов, j				
		1	2	3	4	5
1. Идентификация	Камера распознавания номеров ТС	A11	A12	A13	A14	A15
	Камера видеонаблюдения	B11	B12	B13	B14	B15
2. Безопасность	Шлагбаум	A21	A22	A23	A24	A25
	Светофор	B21	B22	B23	B24	B25
	ИК-прожекторы	C21	C22	C23	C24	C25
3. Взвешивание	Платформа	A31	A32	A33	A34	A35
	Датчики положения ТС	B31	B31	B33	B34	B35
	Тензо-датчики	C31	C32	C33	C34	C35
	Ангар	D31	D32	D33	D34	D35
	Датчики нагрузки на ось	E31	E32	E33	E34	E35
4. Метки	RFID-антенна	A41	A42	A43	A44	A45
	RFID-считыватель	B41	B42	B43	B44	B45
	RFID-метки	C41	C42	C43	C44	C45
5. Информация	ПК с ПО	A51	A52	A53	A54	A55
	Шкаф управления	B51	B52	B53	B54	B55
	Операторская	C51	C52	C53	C54	C55
	Светодиодное табло	D51	D52	D53	D54	D55
	Весовые индикаторы	E51	E52	E53	E54	E55

Источник: собственная композиция авторов.

Для выражения различий в оценке альтернативных вариантов интеллектуальной системы УАВ применяем следующие критерии, которые выступают в роли показателей привлекательности предлагаемых вариантов решений: «цена – качество», мультимодальность, киберфизичность, бренд производителя.

В таблице 3 зеленым цветом выделен вариант элемента с положительными отзывами пользователей, который обладает хорошими технико-эксплуатационными характеристиками и соответствует показателю «цена – качество». Желтым цветом обозначен элемент с наименьшей ценой и с более простыми техническими характеристиками. Красным цветом – вариант, представляющий собой дорогостоящий элемент с высокими киберфизическими характеристиками.

Представленная цветовая классификация позволяет подобрать три варианта структурных составляющих УАВ для систем различного уровня. В перевозочных системах микроуровня достаточно элементов, представленных в желтых ячейках таблицы ($A_{13} - B_{11} - A_{22} - B_{21} - C_{21} - A_{32} - B_{35} - C_{33} - D_{33} - E_{31} - A_{42} - B_{42} - C_{44} - A_{54} - B_{54} - C_{54} - D_{53} - E_{52}$). В системах мезоуровня и макроуровня формируется структура из элементов, обозначенных зеленым цветом ($A_{12} - B_{13} - A_{25} - B_{24} - C_{23} - A_{34} - B_{34} - C_{31} - D_{32} - E_{34} - A_{43} - B_{44} - C_{45} - A_{52} - B_{52} - C_{53} - D_{52} - E_{51}$). Исключительные системы макроуровня включают элементы, обозначенные красным цветом ($A_{15} - B_{15} - A_{21} - B_{23} - C_{25} - A_{33} - B_{33} - C_{34} - D_{35} - E_{35} - A_{45} - B_{45} - C_{43} - A_{51} - B_{51} - C_{52} - D_{51} - E_{55}$).

Выводы. Для разработки системы проектирования принятия решения УАВ в пункте грузоотправителя использовался метод мозгового штурма и морфологический метод, что позволило выбрать три варианта системы УАВ: с положительными отзывами, оптимальными технико-эксплуатационными характеристиками, соответствующими критерию «цена – качество» (суммарная стоимость элементов составляет 5,24 млн руб.); с наименьшей ценой и с простым набором технических характеристик (3,39 млн руб.); с киберфизическими характеристиками и высокой стоимостью (7,32 млн руб.). Данную методику проектирования поддержки принятия решения необходимо использовать при разработке компонентов умных транспортных систем.

Благодарности. Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Поступила: 20.10.2025; рецензирована: 03.11.2025; принята: 05.11.2025.

Литература

1. Куликов А.В. Эффективность автомобильных перевозок в системах дорожного строительства: специальность 05.22.10: «Эксплуатация автомобильного транспорта»: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Куликов. Волгоград, 1998. 182 с.
2. Kulikov A.V. Effectiveness of Road Transport Technology in Modern Housing Systems / A.V. Kulikov, S.Yu. Firsova // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE, 2019): Conference proceedings ICIE, 2019, Sochi, Russia, 25–29 марта 2019 года / Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «South Ural State University» (national research university), Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)». Sochi, Russia: Springer International Publishing, Switzerland AG, 2020. P. 813–821.
3. Вельможин А.В. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. 3-е изд. М.: Научно-техническое издательство «Горячая линия-Телеком», 2016. 560 с.
4. Куликов А.В. Научно-практический механизм экономической оценки применения технологических схем в логистических мультимодальных системах / А.В. Куликов, П.А. Павлов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2022. Т. 10. № 4 (59). С. 147–163.
5. Куликов А.В. Совершенствование организации функционирования автомобильного транспорта в мультимодальной логистической системе поставки зерна из Волгоградской области в Иран / А.В. Куликов, Е.А. Близнякова, П.А. Павлов, А.А. Куликов // Вестник СиБАДИ. 2022. Т. 19. № 5 (87). С. 692–715.
6. Куликов А.В. Выбор оптимальной схемы размещения транспортных пакетов с комбикормом на платформе автомобиля / А.В. Куликов, С.Ю. Фирсова, Б. Советбеков // Вестник КРСУ. 2021. Т. 21. № 8. С. 58–64.
7. Зырянов В.В. Применение информационных технологий при повышении мобильности и обеспечении транспортной безопасности / В.В. Зырянов, Е.Ю. Семчугова // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1 (22). С. 118.
8. Земцов А.Н. Автоматическое распознавание автомобильных номерных знаков в автомобильной самоорганизующейся сети / А.Н. Земцов, М.А. Кузнецов, С. Садек [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2023. № 12 (108). С. 135–143.

9. Криволапова О.Ю. Архитектура проекта «Электронные платежи» / О.Ю. Криволапова // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1 (22). С. 97.
10. Веремеенко А.А. Проблемы взаимодействия порта и автомобильного транспорта / А.А. Веремеенко, Е.Г. Веремеенко // Инженерный вестник Дона. 2013. № 2 (25). С. 117.
11. Пучков Е.В. Разработка системы поддержки принятия решений для управления кредитными рисками банка / Е.В. Пучков // Инженерный вестник Дона. 2011. № 1 (15). С. 410–419.
12. Куликов А.В. Разработка системы принятия решений при проектировании «умной» остановки в транспортно-пересадочных узлах городского пассажирского транспорта / А.В. Куликов // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 4-1 (87). С. 3–11.
13. Фирсова С.Ю. Роль транспортной логистики в обеспечении экзистенциальной безопасности человека / С.Ю. Фирсова, А.В. Куликов, Б. Советбеков // Вестник КРСУ. 2019. Т. 19. № 8. С. 97–101.