

РОЛЬ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМИ АКТИВАМИ (СУДА)

С.Б. Мирзозода

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В статье рассматривается роль научных исследований в формировании системы управления дорожными активами в Республике Таджикистан. Показано, что современное управление автомобильными дорогами должно основываться не только на текущем ремонте и эксплуатационном содержании, но и на регулярной диагностике, цифровом учёте активов, прогнозировании состояния дорожной сети, экономико-математической оценке ремонтных мероприятий и рациональном распределении ограниченных финансовых ресурсов. Обосновано, что научные исследования являются методической основой для перехода от фрагментарного управления дорожной инфраструктурой к системной модели управления жизненным циклом автомобильных дорог. Особое внимание уделено применению показателей эксплуатационного состояния, цифровых баз данных, ГИС-технологий, методов приоритизации ремонтов и принципов управления активами. Предложена структура научного обеспечения системы управления дорожными активами, а также цикл научно обоснованного принятия решений для условий Республики Таджикистан.

Ключевые слова: научные исследования, дорожные активы, автомобильные дороги, СУДА, диагностика дорог, цифровизация, ремонтные мероприятия, ограниченные ресурсы.

НАҚШИ ТАДҚИҚОТИ ИЛМӢ ДАР РУШДИ СИСТЕМАИ ИДОРАКУНИИ ДОРОИҲОИ РОҲ (СИДР)

С.Б. Мирзозода

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар ин мақола нақши таҳқиқоти илмӣ дар таҳияи системаи идоракунии дороиҳои роҳ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ мешавад. Он нишон медиҳад, ки идоракунии муносири роҳҳо бояд на танҳо ба таъмир ва нигоҳдории мунтазам, балки ба ташхиси мунтазам, баҳисобгирӣ дороиҳои рақамӣ, пешгӯии ҳолати шабакаи роҳҳо, арзёбии иқтисодӣ математики чораҳои таъмир ва тақсими оқилонаи захираҳои маҳдуди молиявӣ асос ёбад. Тасдиқ шудааст, ки таҳқиқоти илмӣ асоси методологиро барои гузариш аз идоракунии парокандаи инфрасохтори роҳ ба модели системавии идоракунии давраи хизматрасонии роҳ фароҳам меорад. Таваҷҷӯҳи махсус ба истифодаи нишондиҳандаҳои ҳолати истифодабарӣ, омода намудани базаҳои рақамӣ, технологияҳои ГИС, усулҳои афзалиятнокунии таъмир ва принципҳои идоракунии дороиҳо аҳамият дода мешавад. Пешниҳоди сохтори илмӣ системаи идоракунии дороиҳои роҳ, инчунин давраи қабули қарорҳои асосёфта ба далелҳо барои шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон пешниҳод карда мешавад.

Калидвожаҳо: тадқиқоти илмӣ, дороиҳои роҳ, роҳҳои автомобилгард, СИДР, ташхиси роҳ, рақамикунӣ, фаъолияти таъмир, захираҳои маҳдуд.

THE ROLE OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE DEVELOPMENT OF A ROAD ASSET MANAGEMENT SYSTEM (RAMS)

S.B. Mirzozoda

Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan

This article examines the role of scientific research in the development of a road asset management system in the Republic of Tajikistan. It is shown that modern road management should be based not only on routine repairs and operational maintenance, but also on regular diagnostics, digital asset accounting, road network condition forecasting, economic and mathematical assessment of repair measures, and the rational allocation of limited financial resources. It is substantiated that scientific research provides a methodological basis for the transition from fragmented road infrastructure management to a systemic model of road lifecycle management. Particular attention is paid to the use of operational condition indicators, digital databases, GIS technologies, repair prioritization methods, and asset management principles. A structure for scientific support of a road asset management system, as well as a cycle of evidence-based decision-making for the conditions of the Republic of Tajikistan, is proposed.

Keywords: scientific research, road assets, highways, RAMS, road diagnostics, digitalization, repair activities, limited resources.

Введение

Автомобильные дороги являются одним из важнейших элементов транспортной инфраструктуры государства. Их техническое состояние непосредственно влияет на безопасность движения, транспортную доступность территорий, стоимость перевозок, развитие регионов и устойчивость экономики. Для Республики Таджикистан значение автомобильных дорог особенно велико, поскольку значительная часть территории страны имеет горный рельеф, а транспортная связь между регионами во многом зависит от устойчивой работы дорожной сети [7-13].

В современных условиях дорожная отрасль сталкивается с рядом системных проблем: физический износ покрытий, недостаточность регулярной диагностики, ограниченность финансовых ресурсов, высокая стоимость ремонтных работ, воздействие природно-климатических факторов, сложность планирования ремонта в горных условиях и необходимость цифровой трансформации управления. Решение этих задач невозможно только административными или производственными методами. Необходима научно обоснованная система управления дорожными активами, основанная на данных, расчётах, прогнозировании и оценке эффективности принимаемых решений [7-9].

Международная практика показывает, что управление дорожными активами рассматривается как часть более широкой системы управления инфраструктурными активами в течение их жизненного цикла [1, 2, 7-9]. В стандарте ISO 55000 управление активами определяется через принципы, терминологию и ожидаемые результаты, необходимые для формирования проактивной системы управления активами. Это означает, что автомобильная дорога должна рассматриваться не только как объект строительства или ремонта, но и как долгосрочный инфраструктурный актив, требующий постоянного учёта, оценки, прогнозирования и рационального управления [1, 7].

Для Республики Таджикистан формирование системы управления дорожными активами имеет не только техническое, но и научно-методическое значение. В условиях ограниченного бюджета особенно важно определить, какие участки дорог требуют первоочередного ремонта, какие виды работ обеспечивают наибольший эффект, как учитывать интенсивность движения, состояние покрытия, природные риски и социально-экономическую значимость дороги. Эти вопросы требуют научных исследований, математического моделирования, цифровой обработки данных и разработки прикладных методик [7-9].

Цель настоящей статьи - обосновать роль научных исследований в формировании системы управления дорожными активами в Республике Таджикистан и предложить основные направления её научно-методического обеспечения.

СУДА как объект научного исследования

Система управления дорожными активами (СУДА) представляет собой совокупность организационных, технических, информационных, экономических и методических инструментов, направленных на обеспечение эффективного функционирования автомобильных дорог в течение их жизненного цикла. В отличие от традиционного подхода, при котором основное внимание уделяется выполнению отдельных ремонтных работ, система управления активами ориентирована на долгосрочное сохранение стоимости инфраструктуры, повышение качества дорог и рациональное использование ресурсов [7].

Согласно подходам PIARC, дорожные активы должны управляться на основе достоверной информации, оценки состояния, анализа рисков, планирования жизненного цикла и выбора оптимальных стратегий обслуживания [2]. Руководства World Bank и AASHTO также подчёркивают, что эффективное управление дорожной инфраструктурой невозможно без системы данных, регулярного мониторинга, оценки эффективности и планирования на основе показателей состояния [3, 4].

С научной точки зрения система управления дорожными активами включает несколько взаимосвязанных блоков [7]:

- инвентаризация дорожных активов;
- сбор и обновление данных о состоянии дорог;
- диагностика и оценка эксплуатационного состояния;
- прогнозирование ухудшения состояния дорожных покрытий;
- экономическая оценка ремонтных мероприятий;
- приоритизация участков при ограниченных ресурсах;
- формирование программ ремонта и содержания;
- мониторинг результатов и корректировка решений.

Каждый из этих блоков требует научного обеспечения. Например, инвентаризация требует разработки структуры базы данных; диагностика - методик оценки состояния; прогнозирование -

математических моделей деградации покрытия; приоритизация - критериев выбора ремонтных мероприятий; экономическая оценка - расчёта затрат и эффектов на жизненном цикле дороги.

Таким образом, СУДА не может быть сведена только к программному обеспечению или электронной базе данных. Это комплексная научно-практическая система, в которой цифровые инструменты должны опираться на методики, показатели, алгоритмы и организационные процедуры.

Роль научных исследований в формировании СУДА

Научные исследования формируют основу системы управления дорожными активами по нескольким направлениям. Во-первых, они позволяют определить, какие показатели следует использовать для оценки состояния дорог. Во-вторых, они обеспечивают разработку методов обработки и интерпретации диагностических данных. В-третьих, они дают возможность обосновать ремонтные решения не субъективно, а на основе расчётов, сравнений и прогнозов. Для дорожной отрасли Республики Таджикистан научные исследования особенно важны по следующим причинам:

- дорожная сеть функционирует в сложных горных условиях;
- значительная часть дорог подвержена воздействию осадков, перепадов температур, водной эрозии, селевых и оползневых процессов;
- финансовые ресурсы на ремонт и содержание ограничены;
- состояние дорог неоднородно по регионам и категориям;
- требуется переход от разрозненного учёта к цифровой системе управления;
- необходима подготовка инженерных кадров, способных работать с данными и моделями.

Научные исследования позволяют перейти от вопроса «где требуется ремонт?» к более сложной системе вопросов: какой участок ремонтировать первым, какой вид ремонта выбрать, какой эффект будет получен, как изменится состояние дороги через несколько лет, какие затраты будут минимальными на жизненном цикле, какие риски следует учитывать при планировании [7].

На Рис. 1 представлена общая схема научного обеспечения формирования системы управления дорожными активами.



Рисунок 1 - Научное обеспечение формирования СУДА

Figure 1 – Scientific support for the formation of the Road Asset Management System (RAMS)

Как видно из Рис. 1, научные исследования обеспечивают связь между фактическими данными о состоянии автомобильных дорог и управленческими решениями. Данные диагностики, инвентаризации и эксплуатации поступают в аналитический блок, где выполняются оценка состояния, прогнозирование и приоритизация. На этой основе формируются ремонтные программы, которые затем проверяются через мониторинг результатов.

Диагностика состояния автомобильных дорог как научная основа СУДА

Диагностика является исходной основой системы управления дорожными активами. Без регулярной и достоверной оценки состояния дорожной сети невозможно обоснованно планировать ремонтные работы и распределять бюджетные средства. При отсутствии данных решения часто

принимаются на основе визуального впечатления, срочности обращения или локальных жалоб, что не всегда обеспечивает наилучший результат для всей сети [7].

Современная диагностика автомобильных дорог включает визуальное обследование, измерение ровности, оценку дефектов покрытия, определение прочности дорожной одежды, обследование водоотвода, мостов, труб и других инженерных сооружений. В международной практике широко используются показатели ровности, дефектности, остаточного ресурса, безопасности и стоимости жизненного цикла [5, 6].

Для условий Таджикистана особое значение имеет комплексная оценка состояния дорог. Только один показатель не может полностью отражать эксплуатационное состояние дороги. Например, показатель ровности может характеризовать комфорт и транспортные издержки, но не всегда полно показывает структурные повреждения покрытия. Визуальная оценка дефектов позволяет фиксировать трещины, выбоины, колеи и просадки, но требует нормирования и сопоставления с другими параметрами [7].

Поэтому научная задача состоит в разработке интегральных подходов к оценке состояния дорог. Такие подходы могут включать:

- показатель продольной ровности покрытия;
- визуальную оценку дефектов;
- техническую категорию дороги;
- интенсивность движения;
- долю тяжёлого транспорта;
- природно-климатические условия;
- уровень риска;
- стоимость ремонтных мероприятий.

Научная обработка диагностических данных позволяет классифицировать участки дорог по состоянию: хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное, плохое или критическое. Такая классификация имеет практическое значение, поскольку для каждого класса состояния можно определить рекомендуемый вид воздействия: текущее содержание, профилактический ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт или реконструкцию [7-9].

Цифровая база данных как информационная основа управления дорожными активами

Одним из центральных элементов СУДА является цифровая база данных дорожных активов. Она должна содержать не только паспортную информацию о дороге, но и сведения о её состоянии, конструктивных характеристиках, ремонтах, интенсивности движения, инженерных сооружениях, природных рисках и затратах [7].

В традиционной системе управления данные часто хранятся разрозненно: часть информации находится в проектной документации, часть - в отчётах обследований, часть - в бухгалтерских документах, часть - в локальных таблицах. Такая структура затрудняет анализ и не позволяет быстро принимать решения. СУДА требует единой информационной среды, в которой данные связаны с конкретными участками дорожной сети.

Научные исследования здесь необходимы для решения следующих задач:

1. Определить состав обязательных данных;
2. Разработать структуру цифрового паспорта дороги;
3. Установить правила линейной привязки участков;
4. Определить периодичность обновления данных;
5. Разработать методы контроля качества информации;
6. Связать данные диагностики с ремонтными решениями;
7. Обеспечить возможность анализа и визуализации в ГИС-среде.

Для Республики Таджикистан цифровая база данных должна учитывать специфику дорожной сети. В неё целесообразно включать сведения о горных участках, опасных зонах, селевых и оползневых рисках, водоотводных сооружениях, мостах, трубах, тоннелях, сезонной доступности и участках с повышенной аварийностью.

Данные таблицы 1 показывают, что цифровая база СУДА должна быть не просто архивом сведений, а инструментом анализа и принятия решений. Чем полнее и достовернее данные, тем точнее можно определить приоритетность ремонта, прогнозировать состояние дорог и обосновывать финансирование.

Таблица 1 - Рекомендуемая структура цифровой базы данных дорожных активов
Table 1 – Recommended structure of a digital road asset database

№	Блок данных	Содержание	Значение для СУДА
1	Паспортные данные дороги	Наименование, категория, протяжённость, балансодержатель	Идентификация объекта управления
2	Линейная привязка	Километраж, участки, координаты, начало и конец сегмента	Связь данных с конкретным участком сети
3	Технические параметры	Ширина проезжей части, число полос, тип покрытия, конструкция одежды	Оценка соответствия нормативным требованиям
4	Диагностика покрытия	Ровность, дефекты, прочность, сцепные качества	Определение эксплуатационного состояния
5	Искусственные сооружения	Мосты, трубы, подпорные стены, водоотвод	Учёт инженерных активов и рисков
6	Транспортная нагрузка	Интенсивность движения, состав потока, тяжёлый транспорт	Оценка нагрузки и приоритетности ремонта
7	Природные риски	Оползни, сели, лавины, эрозия, подтопления	Адаптация решений к горным условиям
8	История ремонтов	Вид ремонта, год выполнения, стоимость, подрядчик	Анализ эффективности ранее принятых решений
9	Финансовые данные	Затраты на содержание, ремонт, реконструкцию	Экономическое планирование
10	Безопасность движения	ДТП, опасные участки, видимость, геометрия	Учет факторов безопасности

Научное прогнозирование состояния дорог и планирование ремонтов

Одной из важнейших функций СУДА является прогнозирование изменения состояния автомобильных дорог. Дорожное покрытие постепенно ухудшается под воздействием транспортной нагрузки, климата, качества материалов, водоотвода и условий эксплуатации. Если ремонт выполняется слишком поздно, стоимость восстановления значительно возрастает. Поэтому научно обоснованное управление должно определять не только текущее состояние дороги, но и ожидаемую динамику её ухудшения.

Прогнозирование состояния дорог может выполняться на основе эмпирических, статистических, инженерных и экономико-математических моделей. В простейшем виде модель может учитывать годовое ухудшение показателя ровности или дефектности. В более сложном варианте учитываются интенсивность движения, доля тяжёлого транспорта, климатическая зона, тип покрытия, возраст конструкции и история ремонтов [7].

С научной точки зрения важно определить момент, когда профилактический или средний ремонт является более выгодным, чем ожидание полного разрушения покрытия. Это соответствует принципам управления жизненным циклом, которые широко применяются в международной практике управления дорожными активами [3, 4, 7].

Для условий ограниченного финансирования особенно важна задача приоритизации. Дорожная организация обычно не может отремонтировать все проблемные участки одновременно. Поэтому необходимо выбрать такие участки, где ремонт даст наибольший технический, экономический и социальный эффект.

Приоритизация может учитывать следующие критерии:

- текущее состояние покрытия;
- интенсивность движения;
- категория дороги;
- социально-экономическая значимость участка;

- стоимость ремонта;
- ожидаемое улучшение состояния;
- влияние на безопасность движения;
- природные риски;
- срок службы после ремонта;
- соотношение затрат и результата.

На **Рис. 2** представлена схема цикла научно обоснованного управления дорожными активами.



Рисунок 2 - Цикл научно обоснованного управления дорожными активами
Figure 2 – Cycle of evidence-based road asset management

Данный рисунок показывает, что СУДА должна функционировать как непрерывный цикл. Сначала выполняется сбор данных, затем проводится научный анализ, прогнозируется состояние дороги, определяется приоритетность ремонта, принимаются ремонтные решения и оценивается их результат. После этого данные обновляются, и цикл повторяется.

Экономико-математическое обоснование ремонтных мероприятий

Научные исследования играют ключевую роль в экономическом обосновании ремонтных мероприятий в системе управления дорожными активами. В условиях ограниченного финансирования главная задача дорожной отрасли состоит не только в выполнении отдельных ремонтных работ, но и в получении максимального технического, экономического и социального эффекта от каждого вложенного ресурса. Такой подход соответствует принципам управления активами в течение жизненного цикла, согласно которым управленческие решения должны приниматься на основе достоверных данных, оценки состояния, анализа затрат, прогнозирования последствий и сравнения возможных вариантов ремонта [1, 3, 4].

Экономическая эффективность ремонтных мероприятий может оцениваться через снижение эксплуатационных затрат пользователей дороги, увеличение срока службы покрытия, повышение скорости движения, снижение аварийности, уменьшение транспортных издержек и предотвращение более дорогого капитального ремонта в будущем [3, 6]. При этом важно учитывать не только прямые затраты дорожной организации, но и косвенные потери пользователей дороги, связанные с ухудшением состояния покрытия, снижением скорости движения, ростом расхода топлива, увеличением времени поездки и снижением надёжности транспортной связи [3, 6, 7].

Для научного обоснования ремонтных программ в составе СУДА могут применяться следующие методы: анализ затрат жизненного цикла, сравнительная оценка вариантов ремонта, многокритериальная приоритизация, оптимизация при бюджетных ограничениях, сценарное планирование, оценка риска и неопределённости, а также расчёт интегрального эффекта. Эти методы позволяют перейти от субъективного выбора участков к расчётному обоснованию ремонтной программы и обеспечить более рациональное распределение ограниченных финансовых ресурсов [4, 7].

В условиях ограниченного бюджета задача выбора ремонтных участков может быть представлена как задача оптимального распределения финансовых ресурсов. В упрощённом виде она может быть записана следующим образом [4, 7]:

$$\max Z = \sum_{i=1}^n E_i x_i, \quad (1)$$

при ограничении:

$$\sum_{i=1}^n C_i x_i \leq B, \quad (2)$$

где Z - суммарный эффект от реализации ремонтной программы;

E_i - ожидаемый эффект от ремонта i -го участка дороги;

C_i - стоимость ремонта i -го участка;

B - общий доступный бюджет;

x_i - переменная выбора участка, принимающая значение 1, если участок включается в программу ремонта, и 0, если участок не включается в программу;

n - количество рассматриваемых участков дорожной сети.

Такая постановка позволяет выбрать не просто наиболее повреждённые участки, а те объекты, ремонт которых обеспечивает наибольший эффект при заданном объёме финансирования. В качестве эффекта E_i могут использоваться снижение показателя неровности, улучшение категории эксплуатационного состояния, уменьшение транспортных издержек, повышение безопасности движения или интегральный показатель, объединяющий технические, экономические и социальные критерии [3, 4, 7].

Для пояснения приведём условный пример выбора ремонтных участков при ограниченном бюджете. Предположим, что дорожная организация имеет бюджет $B = 1,0$ млн сомони и рассматривает четыре участка дороги, требующие ремонта. Для каждого участка определены ориентировочная стоимость работ и ожидаемый эффект, выраженный в условных баллах. Такой подход соответствует логике многокритериальной оценки и приоритизации ремонтных мероприятий в системе управления дорожными активами [4, 7].

Таблица 2 - Условный пример выбора ремонтных участков при ограниченном бюджете

Table 2 – Hypothetical example of selecting repair sections under budget constraints

Участок дороги	Стоимость ремонта, млн сомони	Ожидаемый эффект, балл	Эффект на 1 млн сомони
Участок 1	0,40	35	87,5
Участок 2	0,60	42	70,0
Участок 3	0,50	38	76,0
Участок 4	0,30	24	80,0

Если выбирать участки только по величине ожидаемого эффекта, то приоритет может быть отдан участкам 2 и 3. Однако их суммарная стоимость составит:

$$0,60 + 0,50 = 1,10 \text{ млн сомони,}$$

что превышает имеющийся бюджет. Следовательно, такое решение не может быть принято при заданном бюджетном ограничении. Рассмотрим допустимые комбинации.

Выбор участков 1 и 3 потребует:

$$0,40 + 0,50 = 0,90 \text{ млн сомони,}$$

а суммарный эффект составит: $35 + 38 = 73$ балла.

Выбор участков 2 и 4 также укладывается в бюджет:

$$0,60 + 0,30 = 0,90 \text{ млн сомони,}$$

но суммарный эффект будет равен: $42 + 24 = 66$ баллов.

Выбор участков 1 и 4 потребует:

$$0,40 + 0,30 = 0,70 \text{ млн сомони,}$$

а суммарный эффект составит: $35 + 24 = 59$ баллов.

Следовательно, при заданных исходных данных наиболее рациональным решением является включение в ремонтную программу участков 1 и 3, поскольку данная комбинация не превышает установленный бюджет и обеспечивает наибольший суммарный эффект среди рассмотренных допустимых вариантов. Приведённый пример показывает, что экономико-математический подход позволяет перейти от субъективного выбора участков к расчётному обоснованию ремонтной программы [4, 7].

Для Республики Таджикистан такая постановка имеет особое значение, поскольку потребность в ремонте автомобильных дорог может превышать ежегодные финансовые возможности дорожной отрасли. В этих условиях СУДА должна обеспечивать не только сбор и хранение данных, но и аналитическую поддержку решений, позволяющую определить приоритетные участки, сравнить варианты ремонта и обосновать распределение ограниченных ресурсов [7-9].

В составе СУДА подобная модель может быть дополнена показателями интенсивности движения, категории дороги, природных рисков, социально-экономической значимости участка, аварийности, стоимости жизненного цикла и прогнозируемого ухудшения состояния покрытия [3, 6, 7]. Это позволит формировать ремонтные программы не только по текущему состоянию покрытия, но и с учётом долгосрочного эффекта от принятых решений.

Систематизированное представление научных методов, применимых при формировании СУДА, приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Научные методы, применимые при формировании СУДА
Table 3 – Scientific methods applicable to the development of the Road Asset Management System (RAMS)

№	Научный метод	Содержание метода	Практическое применение в СУДА
1	Диагностическая оценка	Измерение и классификация состояния дорог	Определение участков, требующих ремонта
2	Нормирование показателей	Приведение различных показателей к единой шкале	Сравнение участков между собой
3	Прогнозирование	Расчёт будущего состояния дороги	Планирование ремонта на несколько лет
4	Многокритериальный анализ	Учет технических, экономических и социальных факторов	Выбор приоритетных участков
5	Оптимизация бюджета	Выбор ремонтных мероприятий при ограниченных ресурсах	Рациональное распределение финансирования
6	Анализ жизненного цикла	Оценка затрат на протяжении срока службы дороги	Выбор экономически выгодной стратегии
7	ГИС-анализ	Пространственная обработка дорожных данных	Визуализация состояния сети и рисков
8	Мониторинг эффективности	Сравнение состояния до и после ремонта	Корректировка будущих программ

Как видно из таблицы 3, научные методы позволяют превратить управление дорогами из набора разрозненных действий в последовательный процесс принятия решений. При этом каждый метод имеет прикладное значение и может быть использован в деятельности дорожных организаций при диагностике, планировании, финансировании и контроле эффективности ремонтных мероприятий.

Таким образом, экономико-математическое обоснование ремонтных мероприятий является одним из ключевых элементов СУДА. Оно обеспечивает рациональное распределение ограниченных ресурсов, повышает прозрачность принятия решений и позволяет формировать ремонтные программы на основе измеримых технических, экономических и социальных критериев. Такой подход превращает управление автомобильными дорогами из системы реагирования на повреждения в научно обоснованный механизм планирования, прогнозирования и повышения эффективности дорожной отрасли [1, 3, 4, 7].

Особенности формирования СУДА в Таджикистане

Формирование системы управления дорожными активами в Республике Таджикистан должно учитывать национальные, природные, технические и организационные особенности. Нельзя механически перенести зарубежную модель без адаптации к местным условиям. Международный опыт важен, но он должен быть переработан с учётом структуры дорожной сети, горного рельефа, доступности данных, уровня финансирования и существующей системы управления. К основным особенностям, которые необходимо учитывать, относятся:

- высокая доля горных дорог;
- воздействие природных рисков;
- сезонные ограничения эксплуатации;
- ограниченность финансовых ресурсов;
- необходимость поэтапного внедрения цифровых технологий;
- различный уровень технического состояния дорог;
- недостаточность регулярной инструментальной диагностики;
- потребность в подготовке специалистов по СУДА.

На первом этапе целесообразно формировать базовый цифровой реестр автомобильных дорог, включающий паспортные данные, линейную привязку, категорию, тип покрытия и основные сведения о состоянии. На втором этапе необходимо подключить результаты диагностики, данные о ремонтах, интенсивности движения и инженерных сооружениях. На третьем этапе возможно внедрение аналитических модулей прогнозирования и оптимизации.

Такой поэтапный подход более реалистичен, чем попытка сразу создать сложную цифровую платформу. Важно, чтобы система начиналась с достоверных данных и постепенно развивалась в направлении аналитики, планирования и поддержки управленческих решений.

Практические направления научного обеспечения СУДА

Для формирования системы управления дорожными активами в Таджикистане можно выделить несколько практических направлений научного обеспечения.

Первое направление - разработка методики диагностики и классификации состояния дорог. Она должна учитывать не только визуальные дефекты, но и измеряемые показатели, транспортную нагрузку, категорию дороги и условия эксплуатации.

Второе направление - создание цифровой структуры дорожных данных. Необходимо определить, какие сведения должны собираться, как они должны храниться, как обновляться и как использоваться для планирования ремонта.

Третье направление - разработка модели приоритизации ремонтных мероприятий. Эта модель должна позволять сравнивать разные участки дорог и выбирать наиболее важные объекты при ограниченном бюджете.

Четвёртое направление - адаптация международного опыта управления активами к условиям Таджикистана. Речь идёт не о прямом копировании зарубежных систем, а о переносе принципов: управление жизненным циклом, оценка состояния, анализ затрат, цифровой учёт и мониторинг эффективности.

Пятое направление - подготовка кадров. СУДА требует специалистов, которые понимают дорожную диагностику, цифровые базы данных, ГИС, экономическую оценку, моделирование и организацию ремонтных работ.

Шестое направление - пилотное внедрение. Научные методики необходимо проверять на конкретных участках дорог. Пилотный проект может включать обследование участка, создание цифрового паспорта, оценку состояния, выбор ремонтной стратегии и анализ ожидаемого эффекта.

Практические рекомендации

На основе проведённого анализа можно предложить следующие рекомендации для формирования системы управления дорожными активами в Республике Таджикистан:

1. *Разработать национальную методику оценки состояния автомобильных дорог*, учитывающую показатели ровности, дефектности, транспортной нагрузки, категории дороги и природно-климатических условий [7].

2. *Создать поэтапную цифровую базу дорожных активов*, начиная с паспортных данных и линейной привязки, с последующим включением диагностики, истории ремонтов, финансовых данных и природных рисков [7-9].

3. *Внедрить регулярную диагностику дорожных покрытий*, включая визуальные обследования и инструментальные измерения на ключевых участках сети [7].

4. *Разработать модель приоритизации ремонтных мероприятий*, позволяющую выбирать участки на основе технического состояния, интенсивности движения, стоимости ремонта и ожидаемого эффекта [7].

5. *Использовать ГИС-технологии* для пространственного анализа дорожной сети, отображения состояния участков, природных рисков и планируемых ремонтных мероприятий.

6. *Выполнить пилотное внедрение СУДА* на ограниченном фрагменте дорожной сети с последующим масштабированием на региональный и национальный уровень [7-9].

7. *Усилить связь университетской науки и дорожных организаций*, чтобы научные исследования выполнялись на основе реальных данных и решали практические задачи отрасли.

8. *Обновить образовательные программы дорожного профиля*, включив в них дисциплины по управлению дорожными активами, цифровизации, диагностике, ГИС и экономико-математическому моделированию.

Заключение

Научные исследования играют ключевую роль в формировании системы управления дорожными активами в Республике Таджикистан. Они обеспечивают методическую основу для диагностики, цифрового учёта, прогнозирования состояния дорог, приоритизации ремонтов и рационального распределения ограниченных финансовых ресурсов.

СУДА должна рассматриваться не только как информационная система, но и как научно-практический механизм управления жизненным циклом автомобильных дорог. Её эффективность зависит от качества исходных данных, корректности методик оценки, наличия моделей прогнозирования, обоснованности ремонтных решений и постоянного мониторинга результатов.

Для условий Таджикистана особенно важно учитывать горный рельеф, природные риски, ограниченность ресурсов и необходимость поэтапного внедрения цифровых технологий. Наиболее рациональным является постепенное формирование СУДА: от цифрового реестра и диагностики к аналитике, прогнозированию и оптимизации ремонтных программ.

Практическая значимость научных исследований заключается в том, что они позволяют перейти от реагирования на уже возникшие разрушения к плановому, профилактическому и экономически обоснованному управлению дорожной сетью. Такой подход способен повысить эффективность дорожной отрасли, улучшить состояние автомобильных дорог, снизить затраты на жизненном цикле и обеспечить более устойчивое развитие транспортной инфраструктуры Республики Таджикистан.

Рецензент: Умарзода С.С. - к.т.н., и.о. доцента кафедры "Строительство дорог, сооружений и транспортных коммуникаций" ПЭТУ им. акад. М.С. Осими.

Литература

1. ISO 55000:2024. Asset management - Vocabulary, overview and principles. International Organization for Standardization, 2024.
2. PIARC. Asset Management Manual. World Road Association, 2017.
3. Gericke B., Henning T., Greenwood I. A Guide to Delivering Good Asset Management in the Road Sector through Performance Based Contracting. Washington, DC: World Bank, 2014.
4. AASHTO. Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011.
5. Paterson W.D.O. Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1987.
6. Kerali H.G.R. Overview of HDM-4: The Highway Development and Management Series. Washington, DC: World Bank, 2000.
7. Мирзозода, С.Б. Система управления дорожными активами (СУДА): монография / С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков, Б.Б. Каримов. - Душанбе: Ирфон, 2023. - 264 с. УДК 625.7/8(075.8), ББК 39.311я73, К78

8. Мирзозода, С.Б. Основные показатели транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог Таджикистана / С.Б. Мирзозода, Ж.И. Содиков, Ф.С. Мирзоев // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования. Душанбе: ТТУ, - 2025. - № 3(71)2025. - С. 98-103. ISSN: 2520-2227

9. Мирзозода, С.Б. Решение некоторых задач по системе управления дорожными активами / С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков, И.Н. Косенко. // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования, - Душанбе: ТТУ, -2024. - № 1(65)2024. -С.146-152. ISSN: 2520-2227.

10. Давлатшоев, Р. А. Оценка эффективности запасных тормозных систем различных компоновок при эксплуатации автомобилей в горных условиях Р.А. Давлатшоев, Б.Ж. Мажитов / Р. А. Давлатшоев, Б. Ж. Мажитов // Светоч науки. – 2025. – № 4. – С. 73-79. – EDN WOAUTU.

11. Мажитов, Б. Ж. Таҳлили таъсири ҳолати техникии ВНА ба бехатарии ҳаракат дар роҳ / Б. Ж. Мажитов, Р. А. Давлатшоев, Н. М. Каримов // Фурӯғи илм. – 2025. – №. 4. – Р. 86-91. – EDN JWAAGQ.

12. Мирзозода, С. Б. Цифровизация дорожной отрасли Таджикистана / С. Б. Мирзозода // Светоч науки. – 2025. – № 4. – С. 79-86. – EDN AIJCGH.

13. Анализ и оценка заторовых явлений на автомобильных дорогах / А. М. Умирзоков, Б. М. Курбоналиев, Н. К. Раджабзода [и др.] // Светоч науки. – 2026. – № 1. – С. 70-77. – DOI 10.24412/3078-395X-2026-1-7-70-79. – EDN KYPSTQ.

References

1. ISO 55000:2024. Asset management - Vocabulary, overview and principles. International Organization for Standardization, 2024.

2. PIARC. Asset Management Manual. World Road Association, 2017.

3. Gericke, B., Henning, T., & Greenwood, I. (2014). A Guide to Delivering Good Asset Management in the Road Sector through Performance Based Contracting. Washington, DC: World Bank.

4. AASHTO. (2011). Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation. American Association of State Highway and Transportation Officials.

5. Paterson, W. D. O. (1987). Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

6. Kerali, H. G. R. (2000). Overview of HDM-4: The Highway Development and Management Series. Washington, DC: World Bank.

7. Mirzozoda, S. B., Krasikov, O. A., & Karimov, B. B. (2023). Road asset management system (RAMS): monograph. Dushanbe: Irfon.

8. Mirzozoda, S. B., Sodikov, Zh. I., & Mirzoev, F. S. (2025). Main indicators of the transport and operational state of highways in Tajikistan. Polytechnical Bulletin. Series: Engineering Studies, (3), 98-103.

9. Mirzozoda, S. B., Krasikov, O. A., & Kosenko, I. N. (2024). Solving some problems on the road asset management system. Polytechnical Bulletin. Series: Engineering Studies, (1), 146-152.

10. Davlatshoev, R. A., & Mazhitov, B. Zh. (2025). Evaluation of the effectiveness of secondary brake systems of various configurations when operating vehicles in mountainous conditions. Svetoch Nauki, (4), 73-79.

11. Mazhitov, B. Zh., Davlatshoev, R. A., & Karimov, N. M. (2025). Analysis of the impact of the technical condition of vehicle active safety systems on road safety. Furugi Ilm, (4), 86-91.

12. Mirzozoda, S. B. (2025). Digitalization of the road sector of Tajikistan. Svetoch Nauki, (4), 79-86.

13. Umirzokov, A. M., Kurbonaliyev, B. M., Radzhabzoda, N. K., et al. (2026). Analysis and evaluation of traffic congestion on highways. Svetoch Nauki, (1), 70-77. <https://doi.org/10.24412/3078-395X-2026-1-7-70-79>.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ - INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Мирзозода Сухроб Бегмат	Мирзозода Сухроб Бегмат	Mirzozoda Suhrob Begmat
номзади илмҳои техникиӣ, и.в. дотсент	кандидат технических наук, и.о. доцента	candidate of technical sciences, acting assistant professor
Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
E-mail: sukhrob63@mail.ru		
ORCID 0000-0002-9817-3633		