

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД

Город как рой

Как Бишкеку сократить пробки без новых дорог. Модель, расчёты, план пилота

— медленнее — затор — сильный затор

Обычное утро, 8:22 · Модель · условные данные · улицы © участники OpenStreetMap

ПРОБЛЕМА

Утром почти все выезжают в одни и те же полчаса и едут по одним и тем же улицам. У предела загрузки улица ведёт себя нелинейно: каждая лишняя машина резко замедляет всех, кто едет следом. Верно и обратное: если снять с пика небольшую часть машин, время в пути заметно сокращается.

ИДЕЯ

«Атлас» — приложение и «мозг» для города. Мозг видит общий поток поездок, без камер и без имён, и подсказывает каждому участнику, когда выехать, какой улицей ехать и с кем по пути. Решает человек. Так летит стая скворцов: каждая птица следит за соседями, и вся стая движется согласованно.

ЧТО ПОКАЗЫВАЕТ МОДЕЛЬ БИШКЕКА: ОДНО УТРО, УЧАСТВУЕТ КАЖДЫЙ ЧЕТВЁРТЫЙ ВОДИТЕЛЬ

-19%

времени, которое город теряет в пробках за утро

-4,4 мин

средняя поездка: 35,2 → 30,8 мин

-15%

машин на дорогах в час пик: 61 807 → 52 694

-28 т

CO₂ за утро: 281 → 253 т (оценка)

≈2,1 млн

часов в год возвращаются людям (оценка)

Модель · условные данные. Годовые цифры — оценка: одно утро × 250 рабочих дней. Как устроена модель и чего она не знает — в разделах 4 и 6.

ПИЛОТ

3 месяца · 1 направление · КГТУ измеряет

Участие добровольное. Первые участники — студенты и сотрудники КГТУ. Данные пилота будут храниться в Кыргызстане. Результат измеряет не Doroga, а КГТУ.

ЧТО ПРЕДЛАГАЕМ ГОРОДУ — ВМЕСТЕ

- 1 Одно направление для пилота на три месяца; направление предлагает мэрия.
- 2 Доступ к данным светофоров и автобусов на этом направлении.
- 3 Рабочая группа: мэрия, Министерство транспорта, КГТУ, Doroga.
- 4 Меморандум о пилоте.

НАША ПОЗИЦИЯ

Мы знаем, как помочь Бишкеку сократить пробки, — и докажем это цифрами на пилоте.

Аналитический доклад КГТУ им. И. Раззакова, 14 страниц: проблема, идея, мировой опыт, модель и её допущения, результаты, воздух, ограничения, данные и приватность, что получает город, инфраструктура и организационные меры, план пилота. **Авторы:** Мирлан Чыныбаев, ректор КГТУ им. И. Раззакова; Музарбек Жолошев, советник ректора.

01 · ПРОБЛЕМА

Пробка нелинейна: немного лишних машин — много лишних минут

У каждой улицы есть предел: сколько машин в час она может пропустить. Пока машин заметно меньше предела, поток идёт свободно, и новая машина почти не замедляет остальных. У предела всё меняется: каждая лишняя машина добавляет время всем, кто едет следом.

Инженеры описывают это функцией BPR (Бюро дорог общего пользования США, 1964); она самая распространённая в транспортных моделях [6]:

$$t = t_0 \cdot (1 + 0,15 \cdot (v/c)^4)$$

t_0 — время в пути по свободной улице, v — поток машин, c — пропускная способность улицы

Задержка растёт как четвёртая степень загрузки. Поэтому, если на загруженной улице машин станет на 10% меньше, задержка на ней сократится примерно на треть ($0,9^4 \approx 0,66$). **Не нужно убирать с дорог половину машин: достаточно снять с пика небольшую часть.**

время в пути, раз к свободной дороге



Функция BPR с обычными значениями $\alpha = 0,15$ и $\beta = 4$ [6]. Пример: загрузка падает с 1,3 до 1,17 (машин на 10% меньше), задержка — на треть.

Пробка без причины

Пробка рождается даже там, где нет ни светофоров, ни сужений. В опыте японских физиков машины ехали по кругу с одинаковой скоростью. Небольшие колебания скорости усиливались, и сама собой возникала пробка, которая волной двигалась назад, навстречу движению [3]. Значит, дело не только в узких местах, но и в согласованности движения.

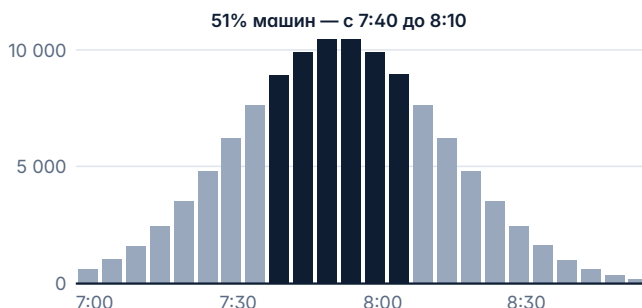
Утро Бишкека в модели МОДЕЛЬ

Утром город едет почти в одну сторону и почти в одно время: из жилмассивов и микрорайонов — к центру, рынкам, вузам и промзонам. В нашей модели половина машин выезжает за полчаса, с 7:40 до 8:10. В самые плотные пять минут число выездов достигает 10 443, а в 8:22 на улицах одновременно 61 807 машин.

Средняя поездка в модели занимает 35,2 минуты, хотя по свободным улицам та же поездка заняла бы 11,9 минуты. Остальное — время в пробке. За одно утро это 44 566 человеко-часов.

Сколько людей едет в одной машине, в Бишкеке надёжно не измерено (мы таких данных не нашли); в модели — один человек. Это допущение, его проверит пилот.

машин выезжает за 5 минут



Сколько машин выезжает каждые 5 минут в обычное утро. Тёмные столбцы — 7:40–8:10. Модель · условные данные.

Воздух Бишкека зимой

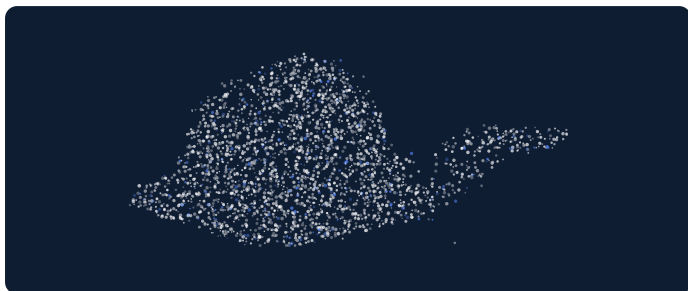
В отопительный сезон Бишкек регулярно входит в пятёрку городов мира с самым загрязнённым воздухом, так пишет Программа ООН по окружающей среде [19]. По данным общественного мониторинга MoveGreen, с декабря 2024 по ноябрь 2025 года в городе было 118–120 дней с превышением норм по мелкой пыли PM2.5, а средний за год уровень — 44–47 мкг/м³ при рекомендации ВОЗ 5 мкг/м³ [17].

Главный источник — отопление домов углём: по оценке ПРООН и ЮНЕП, это около половины годовых выбросов PM2.5, а зимой намного больше. Транспорт даёт около трети, прежде всего дизельные грузовики и маршрутки [18]. «Атлас» работает только с транспортной частью — с утренними поездками на машинах. Это помощь городской работе за чистый воздух, а не замена мер по отоплению; что она даёт воздуху на улицах, предлагаем измерить на пилоте (разделы 5 и 11).

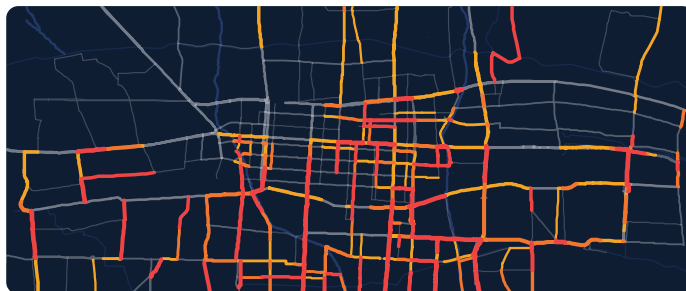
Вывод для города. Главный резерв — не только новые полосы, но и время и согласованность поездок. Сдвинуть часть поездок на несколько минут и развести их по улицам можно быстрее, чем построить новую дорогу. Одно не мешает другому: согласование помогает и там, где город строит.

— 02 · ИДЕЯ

Город как рой: согласованность из простых правил



1 Стая: каждая птица — точка, и каждая следит за ближайшими соседями



2 Модель Бишкека: машины на улицах в 8:22, с мозгом Doroga

1 — схема стаи, наша графика; 2 — модель, условные данные, улицы © участники OpenStreetMap.

Скворцы собираются в стаи из тысяч птиц и летят без вожака. В 1987 году Крейг Рейнольдс показал, что такое движение получается из трёх простых правил для каждой птицы: держать дистанцию, лететь в общем темпе и держаться рядом с соседями [1]. Измерения настоящих стай показали, что каждый скворец ориентируется не на всех птиц вокруг, а примерно на 6–7 ближайших соседей [2]. Согласованность целого рождается из простых местных правил.

Водитель в городе видит только машину впереди. Ему не хватает того, что есть у птицы в стае, — ощущения общего потока. «Атлас» даёт его через телефон. «Мозг» видит общий поток поездок, а каждому участнику подсказывает его собственный шаг. Каждый шаг небольшой, но вместе они делают движение ровнее.

Три шага мозга

Видит

Обезличенный план поездки от каждого участника: район отправления, район назначения и привычное время выезда.

Скорость движения на улицах.

Автобусы и светофоры — если город подключит их данные.

Без камер, без имён, без номеров машин.



Думает

Прогноз: где и когда утром будет затор.

Подбор для каждого участника времени выезда, улицы и попутчика так, чтобы общий поток стал ровнее, а не так, чтобы все поехали одним «самым быстрым» путём.

Каждое утро прогноз уточняется по итогам предыдущих.



Подсказывает

На телефоне участника:

Выезжайте в 8:08 через ул. Ахунбаева

Человек соглашается или едет как обычно. Подсказка — не приказ.

Пример · модель: житель Ак-Орго, едет в КГТУ (раздел 5).

Мозг видит поток, а не человека. Привычные адреса хранятся в телефоне, а в систему уходит только обезличенный план поездки. Для подсказок не нужны ни регистрация, ни имя. Участие добровольное. Подробнее — в разделе 7.

Автобусы и светофоры

Автобусы. Город вкладывается в общественный транспорт, и «Атлас» его усиливает. Житель видит, когда подойдёт автобус, и выходит к остановке вовремя; водитель автобуса видит, сколько людей ждёт. Машин на улицах меньше, поэтому автобус в общем потоке идёт быстрее: по модели на шести главных направлениях в центр в среднем на 4,8 минуты (раздел 5). А попутчики нужны тем, кто сейчас едет на машине один, а не пассажирам автобусов.

Светофоры — если город подключит. Тогда зелёный будет подстраиваться под фактический поток. Это отдельная мера, и решение о ней принимает город. В модели её эффект посчитан отдельно и не входит в –19%.

Три подсказки: время, улица, попутчик

ПОДСКАЗКА 1

Время выезда

Если часть людей выезжает на несколько минут раньше или позже, пик становится ниже, и быстрее едут все, в том числе те, кто ничего не менял. Это классический вывод экономики транспорта [4]. В модели мозг предлагает сдвиг от -12 до +8 минут и учитывает, что людям удобнее привычное время.

ПОДСКАЗКА 2

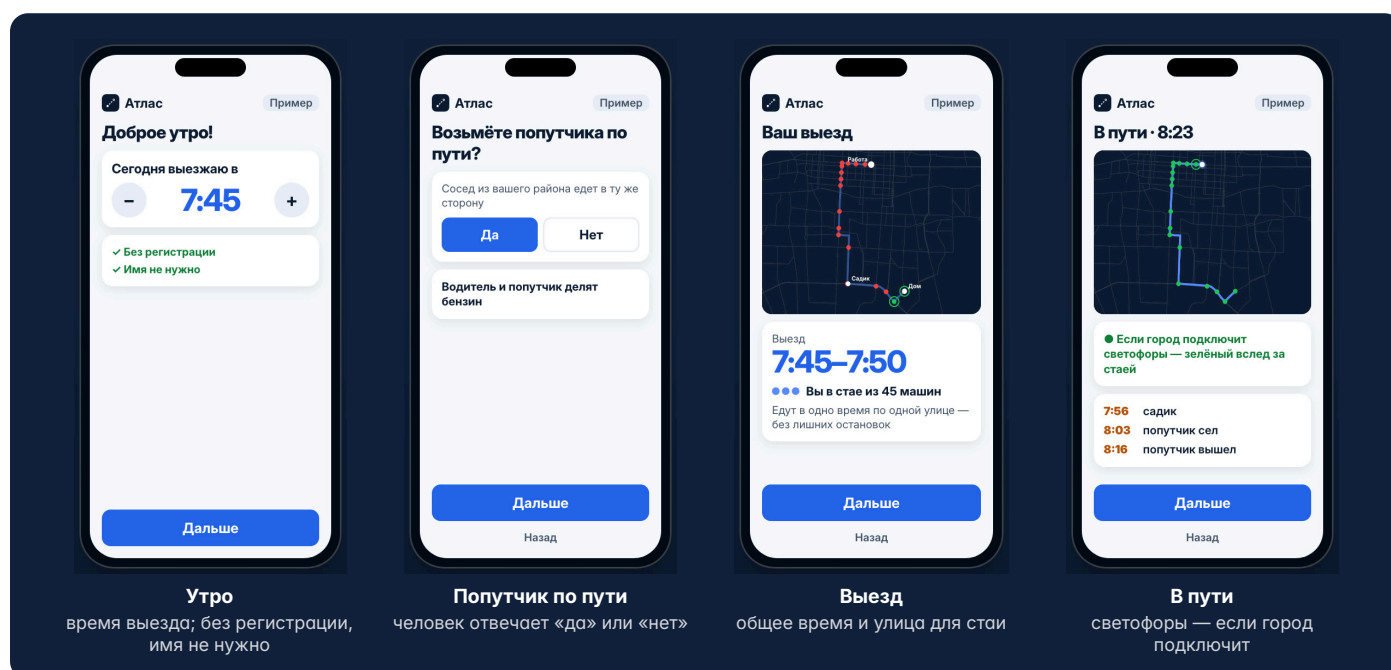
Улица

Навигатор ведёт всех по самому быстрому на эту минуту пути, и объезд тоже встаёт. Мозг заранее знает планы участников и разводит их по параллельным улицам. Скажем честно: в модели эта подсказка сама по себе почти ничего не даёт. Основной выигрыш приносят время выезда и попутчики.

ПОДСКАЗКА 3

Попутчик по пути

Сосед из того же района едет в ту же сторону: одна машина вместо двух. В модели вдвоём едут 15% людей из групп «Атласа»; занятых мест за утро — 4 421. Водитель едет по своим делам, попутчик делит с ним расходы на бензин, без заработка. Правила для попутчиков предлагаем согласовать с Министерством транспорта в рабочей группе.



Прототип приложения «Атлас» (в разработке). Все цифры на экранах — пример.

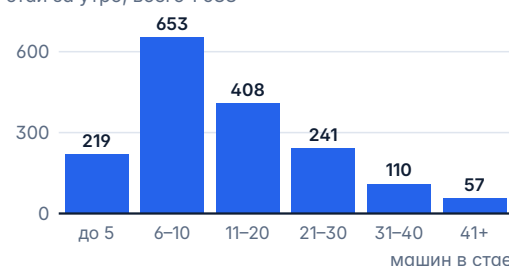
Стаи разного размера **МОДЕЛЬ**

Стая — это участники из одного района, которые едут в одну часть города и выезжают в одни и те же пять минут. Мозг предлагает им общее время и общую улицу, и они едут ровной группой.

Стаи получаются разными. В модели за утро их около 1 700: в половине — до 9 машин, в четверти — больше 19, самые крупные — около 50. Стая — не колонна: машины едут в общем потоке, просто в одно время и в одну сторону.

Выигрывают не только участники. Когда часть машин уходит с пика, улицы свободнее для всех: по нашему пересчёту из данных модели, у тех, кто не пользуется «Атласом», средняя поездка короче примерно на 3,7 минуты, у участников — примерно на 6,3.

стай за утро, всего 1 688



Сколько стай какого размера за утро. Модель · условные данные.

Что уже работает в мире — и чем отличается наш подход

Идея «городского мозга» не нова. Крупные города собирают данные о движении в одном центре и используют их, чтобы настраивать светофоры и информировать жителей. Ниже — примеры, которые мы проверили по первоисточникам.

Ханчжоу: «Городской мозг»

Китай · City Brain, Alibaba Cloud · с 2016 года

Система собирает видео с камер на перекрёстках и GPS-данные машин и автобусов и согласует работу светофоров [7]. В 2018 году, по данным города, она охватывала 1 300 светофоров и 4 500 камер [8].

В первом пилоте, в районе Сяошань, Alibaba сообщила о росте скорости движения на 11% [9]. Позже, по данным городских СМИ, машины в Сяошане стали проходить перекрёстки на 15% быстрее после подключения 104 умных светофоров [10].

Систему критикуют: правозащитники предупреждают, что те же камеры и данные можно использовать для слежки [7].

Сеул: TOPIS

Республика Корея · городской центр транспортной информации · с 2005 года

Официально запущен в 2005 году; первые элементы системы появились в 1998-м [11]. TOPIS в реальном времени получает данные более чем от 7 400 автобусов, сотен камер и датчиков на главных дорогах и служит «диспетчерской вышкой» города: наблюдение, сбор и анализ данных, информация для жителей [12].

Питтсбург: светофоры SURTRAC

США · Университет Карнеги — Меллон · пилот 2012 года

Светофоры на 9 перекрёстках района Ист-Либерти подстраивались под поток. Время в пути сократилось больше чем на 25%, ожидание на перекрёстках — больше чем на 40%, выбросы — на 21% [13].

Наука: время выезда

Уильям Викри, 1969 · Нобелевская премия по экономике, 1996

Очередь у узкого места возникает потому, что все хотят проехать его в одно время. Если часть людей сдвигает выезд, очередь короче для всех [4]. На этом построена первая подсказка мозга.

Наука: одна ровная машина

Стерн и соавторы, 2018 · полевой эксперимент

На кольцевом треке с двумя десятками машин волны «стоп — поехали» возникали каждый раз. Одна машина, которая ехала ровно, гасила их. Авторы делают вывод, что для этого достаточно меньше 5% машин в потоке [5].

Чем отличается «Атлас»

	ХАНЧЖОУ, СЕУЛ	«АТЛАС»
Откуда данные	камеры, датчики, GPS автобусов (в Ханчжоу — и машин)	обезличенный план поездки — только от тех, кто сам решил участвовать
Камеры	основа системы	не нужны
Что делает	наблюдение, настройка светофоров, информация	подсказывает человеку время, улицу и попутчика; светофоры — только если город подключит
Кто решает	операторы центра и автоматика светофоров	человек: мозг подсказывает, а не управляет

Эти подходы не исключают друг друга. Если город развивает свой центр мониторинга, обезличенная карта поездок может стать для него ещё одним источником данных.

04 · МОДЕЛЬ

Как устроена модель

Чтобы оценить эффект до пилота, мы построили транспортную модель Бишкека по стандартной методике транспортного планирования. Модель — это расчёт, а не замер. Её цифры показывают порядок эффекта и то, от чего он зависит. Поэтому каждая цифра в докладе помечена как модельная, а годовые — как оценка.



Сеть и районы модели. Белые точки — жилые районы (откуда едут), синие — места работы и учёбы (куда едут); размер точки — вес района в модели (оценка). Модель · условные данные · улицы и места районов © участники OpenStreetMap.

Улицы

Сеть взята из OpenStreetMap (выгрузка от 28.07.2026): магистрали, главные, второстепенные и третичные улицы с развязками — 1 475 узлов и 3 113 участков с направлением движения. Число полос — из OpenStreetMap.

Пропускная способность одной полосы — 1 600 машин в час на магистрали, 900 на главной улице, 800 на второстепенной и 700 на третичной. Скорость свободного движения с учётом светофоров — 60, 42, 35 и 28 км/ч, но не больше $\frac{3}{4}$ разрешённой. Жилые улицы и дворы в сеть не входят.

Поездки

Реальной матрицы поездок Бишкека у нас нет, поэтому спрос в модели синтетический: 115 000 поездок на машине с 7:00 до 9:00 из 14 жилых районов к 8 центрам работы и учёбы. Места районов взяты из OpenStreetMap, а их «веса» — экспертная оценка, а не данные переписи.

Поездки распределены по гравитационной модели: чем крупнее районы и чем ближе они друг к другу, тем больше между ними поездок ($\text{вес} \times \text{вес} \times e^{-\text{км}/9}$); пары ближе 1,5 км не учитываются. Время выезда — колокол с центром в 7:55 и разбросом 22 минуты. Поездки идут группами до 10 машин: всего 12 769 групп.

Время в пути

Время на каждом участке считается по функции BPR (раздел 1) от потока за 15 минут: текущий пятиминутный период и два соседних.

Как считается утро

Утро разбито на пятиминутные периоды с 7:00 до 11:00, время в пути зависит от того, когда машина проезжает участок. Модель ищет равновесие: каждая группа по очереди выбирает лучший для себя вариант при текущей загрузке улиц, затем загрузка пересчитывается.

Утро проигрывается 30 раз — это один расчёт

Мозг проигрывает утро 30 раз. Это не 30 разных сценариев, а 30 шагов одного расчёта: с каждым проходом всё меньше групп пересматривают выбор (метод последовательных средних [14]), и загрузка улиц перестаёт меняться. Группа меняет выбор, только если выигрывает больше 0,3 минуты и больше 2%. Все цифры доклада взяты после последнего прохода.

Расчёт детерминированный: тот же код с теми же данными всегда даёт те же цифры. Расчёты для разной доли участников (раздел 5) — это отдельные полные прогоны той же модели.

Два утра: одинаковый город, одинаковые поездки

УТРО 1

«Обычное утро»

Каждая группа выезжает в привычную минуту и едет по самому быстрому для себя пути. Так сегодня ведёт навигатор: каждый выбирает лучшее для себя, не зная планов других.

УТРО 2

«С мозгом Doroga»

Тот же город и те же поездки, но 25% групп пользуются «Атласом» и получают три подсказки. Остальные три четверти ведут себя как обычно и выигрывают от более свободных улиц.

ПОДСКАЗКА	КАК ОНА УСТРОЕНА В МОДЕЛИ
Время выезда	Сдвиг на -12, -8, -4, 0, +4 или +8 минут — тот, что сильнее снижает задержку для всех. Каждая минута сдвига считается неудобством в 0,35 минуты: людям удобнее привычное время.
Улицы	Путь выбирается с учётом не только своего времени, но и четверти той задержки, которую машина добавляет другим. Это ограничивает длинные объезды.
Попутчик по пути	15% людей в группах «Атласа» едут вдвоём с соседом из того же района в то же место: одна машина везёт двоих.
CO ₂ (оценка)	Топливо = пробег × 8,5 л на 100 км + часы задержки × 0,8 л/ч на холостом ходу; CO ₂ = топливо × 2,31 кг на литр бензина. Это типичные опубликованные значения, поэтому результат — оценка.

Допущения — и что будет, если в жизни иначе

ДОПУЩЕНИЕ	В МОДЕЛИ	ЕСЛИ В ЖИЗНИ ИНАЧЕ
Объём утренних поездок на машине	115 000 с 7:00 до 9:00	Больше машин — пробки сильнее, и каждая снятая с пика машина даёт больше. Меньше — эффект меньше.
Районы и их веса	14 жилых районов, 8 центров; веса — экспертная оценка	Изменится, какие улицы загружены и где эффект сильнее.
Время выезда	колокол: 7:55 ± 22 мин	Если пик шире, сдвиг выезда даёт меньше; если острее — больше.
Людей в машине	1	Если в машинах уже ездят по двое, попутчики дадут меньше.
Пропускная способность полосы	700–1 600 машин в час	Меняет величину задержек; уточняется замерами на пилоте.
Доля участников	25% групп	Раздел 5: при 5% задержка меньше на 3,8%, при 50% — на 33,7%.
Следуют подсказкам	все участники	Если часть не последует, эффект — как при меньшей доле участников.
Попутчики	15% людей в группах «Атласа»	Меньше попутчиков — меньше эффект.
Готовность сдвинуть выезд	от -12 до +8 мин; минута сдвига = 0,35 мин неудобства	Если люди не готовы сдвигать выезд, эффект меньше.
Жилые улицы и дворы	не входят в сеть	Часть поездок идёт дворами; на главных улицах нагрузка может быть ниже.
Очереди у перекрёстков	не переносятся на соседние участки	Настоящие заторы распространяются назад по улице; модель может недооценивать и задержку, и выигрыш.
Автобусы	6 направлений, в общем потоке	С выделенными полосами автобусы зависят от потока машин меньше.
Топливо и CO ₂	8,5 л/100 км, 0,8 л/ч, 2,31 кг/л	Зависит от реального парка машин; поэтому CO ₂ везде — оценка.

05 · РЕЗУЛЬТАТЫ

Одно утро в модели: обычное и с мозгом Doroga МОДЕЛЬ

Главный результат: если «Атласом» пользуется каждая четвёртая группа водителей, время, которое город теряет в пробках за утро, сокращается на 19%. Средняя поездка короче на 4,4 минуты, а в час пик на дорогах на 9 113 машин меньше.

ПОКАЗАТЕЛЬ, ОДНО УТРО	ОБЫЧНОЕ УТРО	С МОЗГОМ DOROGA	ИЗМЕНЕНИЕ
Людей в поездках	114 991	114 991	—
Машин в поездках	114 991	110 570	-4 421
Машин на дорогах одновременно, пик в 8:22	61 807	52 694	-15%
Средняя поездка, минут	35,2	30,8	-4,4 мин
Время в пробках (задержка), человеко-часов	44 566	36 116	-19%
Пик выездов, машин за 5 минут	10 443	9 003	-14%
Пробег, тысяч машино-километров	1 012	962	-4,9%
CO ₂ , тонн (оценка)	281	253	-10%
Мест занято попутчиками	0	4 421	
Поездов от участников	—	29 496	

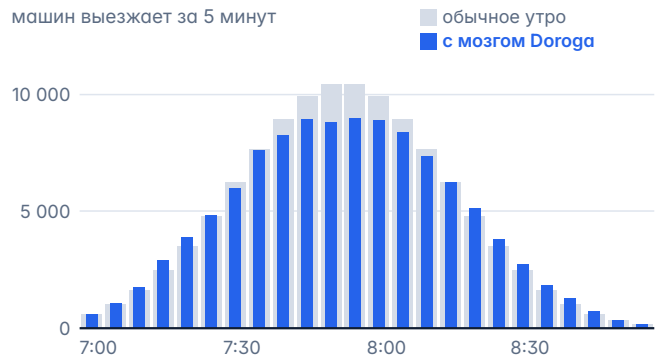
Задержка — время в пути сверх времени по свободной дороге, сумма по всем людям. Модель · условные данные; участвуют 25% групп.



— в 1,3 раза дольше свободного — в 1,8 раза — в 2,6 раза и больше

Улицы в заторе в 8:22, когда машин на дорогах больше всего. Красных участков — 76 → 64 км, оранжевых и красных вместе — 130 → 108 км (каждое направление движения считается отдельно). Модель · условные данные · улицы © участники OpenStreetMap.

Пик становится ниже МОДЕЛЬ



Сколько машин выезжает каждые 5 минут. Пик выездов: 10 443 → 9 003 машин (−14%). Модель · условные данные.

Пик выездов становится ниже, потому что часть участников выезжает на несколько минут раньше или позже. Благодаря попутчикам машин на улицах меньше на 4 421. Вместе это снимает с самого плотного момента утра 9 113 машин, и по закону BPR задержка падает сильнее, чем число машин.

Кто выигрывает

Все. Участники выигрывают больше: по нашему пересчёту из данных модели их средняя поездка короче примерно на 6,3 минуты. Те, кто «Атласом» не пользуется, тоже едут быстрее, примерно на 3,7 минуты, потому что улицы свободнее. Это важно для города: польза не ограничена пользователями приложения.



Сколько машин на дорогах одновременно. Пик в 8:22: 61 807 → 52 694. Модель · условные данные.

Какие улицы разгружаются

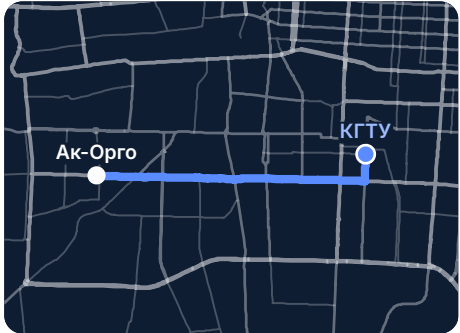
Поток не исчезает, а перераспределяется. С 7:45 до 8:30 на ул. Юбилейной машино-километров становится на 19% меньше. Часть потока принимают параллельные улицы: на ул. Горького — на 10% больше. Это учтено во всех цифрах: модель считает обе стороны.

Пример: из Ак-Орго в КГТУ ПРИМЕР · МОДЕЛЬ

Одна настоящая группа из модели, выбранная как типичная, а не как лучшая. Житель Ак-Орго обычно выезжает в КГТУ в 8:00 и едет 31 минуту. Мозг предлагает выехать в 8:08, на 8 минут позже, когда худшая часть пробки уже прошла, по той же ул. Ахунбаева. Дорога занимает 20 минут, а по свободной улице заняла бы 9.

Выезжая на 8 минут позже, человек приезжает примерно на 3 минуты раньше. Так работает первая подсказка: дело не в том, чтобы выехать раньше всех, а в том, чтобы не попасть в самый плотный момент.

	ВЫЕЗД	В ПУТИ	УЛИЦА
Обычное утро	8:00	31 мин	ул. Ахунбаева
С мозгом Doroga	8:08	20 мин	ул. Ахунбаева



Маршрут группы. Пример · модель · улицы © участники OpenStreetMap.

Сколько нужно участников МОДЕЛЬ

Участвовать всем не нужно. Мы прогнали ту же модель при разной доле участников. Если «Атласом» пользуется каждая двадцатая группа (5%), задержка в пробках меньше на 3,8%; каждая десятая — на 7,0%; каждая четвёртая — на 19,0%; каждая вторая — на треть, 33,7%.

Эффект растёт почти пропорционально доле участников: каждые 5% участников сокращают задержку примерно на 3,5%, а при половине участников отдача немного снижается. Даже небольшая доля даёт измеримый результат. Реальную долю участников покажет только пилот.

УЧАСТНИКОВ	ЗАДЕРЖКА	МАШИН В ПИК	ПОЕЗДКА	CO ₂ , Т
0% (обычное утро)	—	61 807	35,2	281
5%	-3,8%	59 761	34,3	275
10%	-7,0%	57 941	33,5	270
25% (базовый расчёт)	-19,0%	52 694	30,8	253
50%	-33,7%	45 409	27,3	229

Автобусы быстрее МОДЕЛЬ

Мы проверили шесть главных направлений из жилых районов в центр. Автобус идёт в общем потоке, без выделенных полос: на каждом участке он на 15% медленнее машины и останавливается на 24 секунды каждые 450 метров. Время усреднено по выездам каждые 5 минут с 7:30 до 8:30.

В обычное утро автобус идёт до центра в среднем 49,6 минуты, с мозгом Doroga — 44,8: на 4,8 минуты быстрее, хотя автобусу никто ничего не подсказывал. Он просто едет по более свободным улицам.

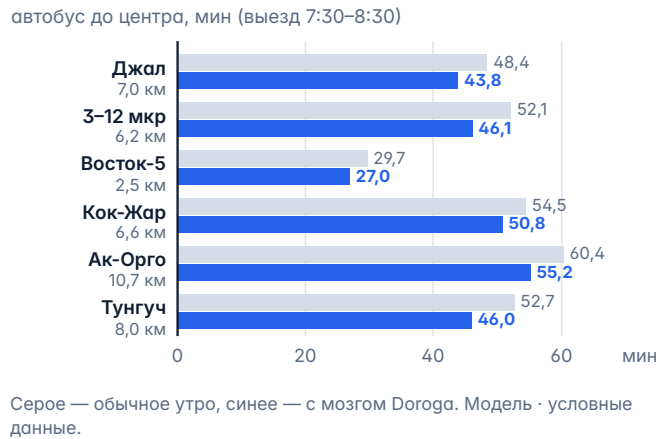
Светофоры — если город подключит МОДЕЛЬ

Это отдельная мера, она не входит в -19%. Светофоров в Бишкеке по OpenStreetMap — 432; в сети модели это 258 перекрёстков. Мы сравнили сегодняшний режим (фиксированный цикл, уже настроенный под средний час пик — допущение в пользу сегодняшней системы) с режимом, который каждые 5 минут подстраивает зелёный под поток (метод Вебстера, 1958).

Задержка на этих перекрёстках с 7:30 до 8:30 сокращается на 12,7% в обычное утро (32 792 → 28 615 машино-часов) и на 13,6% вместе с мозгом Doroga (30 634 → 26 461). Подключать ли светофоры, решает город.



Насколько меньше задержка в пробках при разной доле участников. Модель · условные данные.



Серое — обычное утро, синее — с мозгом Doroga. Модель · условные данные.

Год и воздух ОЦЕНКА

Экономия времени за одно утро — 8 451 ч, а выбросы CO₂ меньше на 28 т (281 → 253). Если умножить на 250 рабочих дней, за год это около **2,1 млн часов** и около **7 000 тонн CO₂**. Это грубая оценка: простое умножение одного модельного утра, без каникул, сезонов, погоды и вечернего пика (его модель не считала).

Мелкую пыль PM2.5 и оксиды азота модель не считает, а CO₂ нельзя пересчитать в индекс качества воздуха. Меньше машин в заторе — меньше выхлопа на улицах, но насколько чище станет воздух, покажут только замеры; мы предлагаем сделать их на пилоте (раздел 11). Зимой воздух Бишкека больше всего зависит от отопления и погоды (раздел 1), поэтому «чистый воздух» для всего города мы не обещаем.

— 06 · ОГРАНИЧЕНИЯ

Чего модель не знает

- **Сколько людей захочет участвовать.** Мы показываем расчёт для 5, 10, 25 и 50% участников. При 5% задержка меньше всего на 3,8%.
- **Будут ли люди следовать подсказкам.** В модели участники им следуют. В жизни часть не последует, и эффект будет как при меньшей доле участников.
- **Настоящую карту поездок.** Спрос синтетический, веса районов — экспертная оценка. Модель не откалибрована по реальным подсчётам машин на улицах Бишкека.
- **Новый спрос.** Если ездить станет легче, часть людей может начать ездить на машине больше, и со временем это съест часть выигрыша. Модель этого не учитывает.
- **Очереди, дворы, ДТП, погоду.** Очереди не переносятся на соседние участки, дворы и жилые улицы не входят в сеть, аварий и снега в модели нет.
- **Вечер и выходные.** Считалось только утро буднего дня.

Поэтому мы не обещаем городу конкретный процент. Модель показывает, что эффект возможен, какого он порядка и от чего зависит. Настоящие цифры для Бишкека даст только пилот с независимыми замерами КГТУ.

— 07 · ДАННЫЕ И ПРИВАТНОСТЬ

Мозг видит поток, а не человека

- **Что уходит в систему:** обезличенный план поездки — район отправления, район назначения и время. Привычные адреса хранятся только в телефоне.
- **Без регистрации и имени** для обычных подсказок. Для поездок с попутчиком водитель проходит проверку, а поездкой можно поделиться с близкими.
- **Без камер.** Нет видеонаблюдения, распознавания лиц и номеров машин.
- **Хранение данных:** данные пилота будут храниться в Кыргызстане. Это условие пилота.
- **Что получает город:** только сводную, обезличенную картину поездок.
- **Участие добровольное.** Выйти можно в любой момент.

Цифровой кодекс Кыргызской Республики. С 5 февраля 2026 года он регулирует обработку персональных данных [15].

Обезличенные данные по Кодексу не считаются персональными [16]; на этом построен базовый режим «Атласа».

Ст. 80 — особые категории данных, например о здоровье. «Атлас» их не собирает.

Ст. 82 — оценка воздействия на защиту персональных данных; по обзору ICNL, она обязательна, если обрабатываются данные более чем 1 000 человек. Её проведут Doroga и КГТУ до старта пилота.

Ст. 89 — передача данных за рубеж только в установленных случаях. Данные пилота за рубеж не передаются.

Положения статей сверены по обзору ICNL [16]; перед запуском пилота юрист сверяет порядок обработки данных с действующей редакцией Кодекса.

— 08 · ЧТО ПОЛУЧАЕТ ГОРОД

Карта поездок

Обезличенная картина: где люди живут, куда и когда едут. По ней видно, где ждут автобус и куда нужна новая линия.

Светофоры по потоку

Прогноз потоков, чтобы зелёный следовал за фактическим движением, — если город подключит светофоры. Модель уже называет 14 перекрёстков-кандидатов и 5 улиц для автобусных полос — как материал для городских специалистов, а не готовый план.

Независимая оценка

Замеры делает КГТУ, цифры открыты рабочей группе. Решения принимает город.

Время и воздух

По модели — около 2,1 млн часов и около 7 000 тонн CO₂ в год (оценка). Пилот покажет, сколько из этого получится на самом деле.

— 09 · ИНФРАСТРУКТУРА

Инфраструктура: сначала данные, потом стройка

Городу нужны и новые развязки, и согласованные поездки. Новая полоса быстро заполняется новыми машинами, поэтому лучше всего работают оба шага вместе. Мозг Doroga помогает выбрать, что строить и где.

ШАГ 1

Модель города

улицы и светофоры из OpenStreetMap



ШАГ 2

Карта поездок

обезличенно, по районам и часам, — из пилота



ШАГ 3

Варианты до затрат

развязка, полоса, улица: сколько минут сэкономит город



ШАГ 4

Решение города

что строить и где



○ жилые районы ● работа и учёба — поездки: толще — больше

Модель · условные данные. Спрос синтетический, веса районов — экспертная оценка (раздел 6). Такую карту по реальным поездкам даст пилот. Улицы © участники OpenStreetMap.

Проверка проекта до стройки

Модель города построена на улицах и светофорах из OpenStreetMap. На ней можно заранее сравнить варианты: развязку, новую полосу, новую улицу. Ещё до затрат видно, сколько минут сэкономит город.

Реальные маршруты «откуда — куда»

Пилот даст обезличенную карту поездок по районам и часам. По ней видно, где расширять, где строить и где стройка не поможет.

Садики и школы ближе к дому

Карта поездок покажет районы, откуда детей возят через весь город. Новые садики и школы там снимут часть утренних поездок. Доступность считается по открытой методике, как в Техническом университете Мюнхена.*

Грузовой транспорт

Doroga уже работает с перевозчиками. Их данные покажут, где и когда грузовики въезжают в город и где нужны объезды и места для разгрузки.

Светофоры — самая быстрая мера МОДЕЛЬ

Если светофоры на 258 перекрёстках каждые 5 минут подстраиваются под поток, задержка на них с 7:30 до 8:30 снижается на 12,7% (раздел 5). Подключать ли светофоры, решает город.

Автобусные полосы — где нужнее всего МОДЕЛЬ

С мозгом Doroga автобус в общем потоке идёт быстрее: на шести главных направлениях в центр — в среднем на 4,8 минуты (раздел 5). Данные пилота покажут, где выделенная полоса нужна первой.

Оба шага вместе. МОДЕЛЬ Одно утро, участвует каждый четвёртый водитель: город теряет в пробках на 19% меньше времени, а машин на дорогах в час пик становится на 15% меньше (61 807 → 52 694) — на тех же улицах, без стройки.

* Открытый инструмент GOAT (Geo Open Accessibility Tool), Технический университет Мюнхена: Pajares E. et al. Accessibility by proximity: addressing the lack of interactive accessibility instruments for active mobility // Journal of Transport Geography. 2021.

10 · ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ

Организационные меры и кто что делает

Эти меры работают быстро и почти без затрат.

Разное время начала дня

Вузы, школы и госорганы начинают в разное время, например в 8:00, 8:30, 9:00 и 9:30. Пик растягивается, и одновременно на улицах меньше машин. Это можно проверить на КГТУ во время пилота.

Попутчики среди своих

Студенты и сотрудники одного вуза или предприятия едут вместе. Из двух машин — одна, а бензин делят.

Ремонты и перекрытия по расписанию

Мозг подсказывает время, когда ремонт или перекрытие задержит меньше всего людей.

Окна для доставки в центре

Ранним утром и вечером, по согласованию с бизнесом.

Обмен данными

Город по желанию даёт планы светофоров и данные о движении автобусов. Doroga даёт обезличенный поток по улицам. КГТУ даёт независимые замеры.

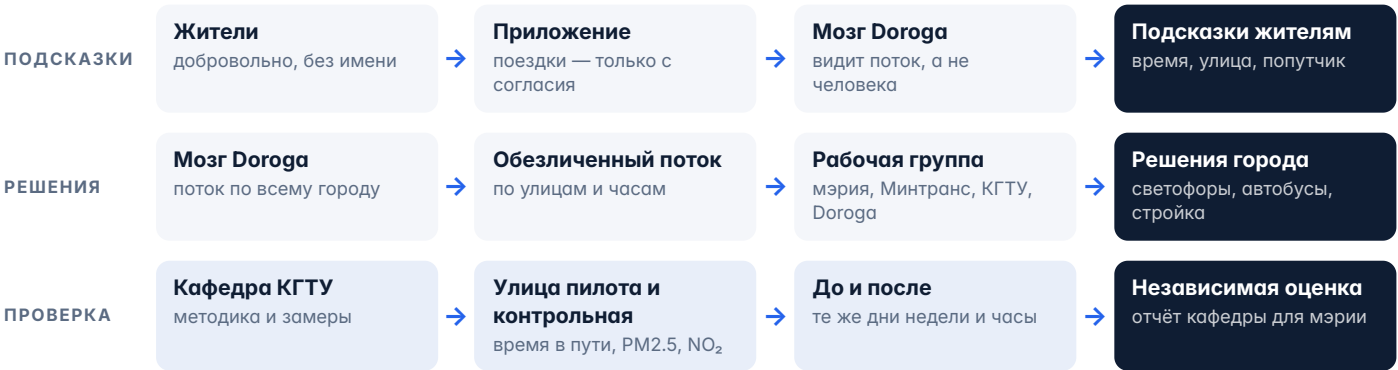
Рабочая группа

Мэрия, Министерство транспорта, КГТУ и Doroga. Отчёт раз в месяц.

Кто что делает

кто	что делает
Жители, добровольно	Отмечают утренний маршрут и получают подсказку: когда выехать, какой улицей, с кем по пути. Без имени и регистрации.
Приложение «Атлас»	Собирает поездки, только с согласия, и показывает подсказки.
Мозг Doroga	Считает поток по всему городу и подсказывает время, улицу и попутчика. Видит поток, а не человека.
Кафедра КГТУ	Ведёт методику и замеры: улица пилота и контрольная улица, время в пути до и после, датчики PM2.5 и NO ₂ . Даёт независимую оценку результата. Студенты ведут исследования.
Мэрия	Выбирает направление пилота, решает, подключать ли светофоры, и принимает решения о стройке.
Министерство транспорта	Устанавливает правила для автобусов и перевозчиков.
Doroga, частный стартап	Разрабатывает и сопровождает приложение и мозг. Данные пилота будут храниться в Кыргызстане.

Как это связано



11 · ПИЛОТ

Пилот: 3 месяца, 1 направление, КГТУ измеряет

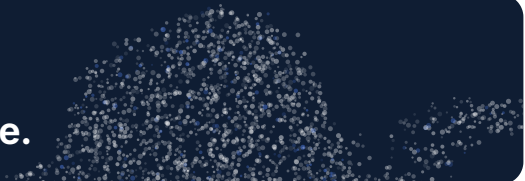
- Подготовка.** Меморандум и рабочая группа (мэрия, Министерство транспорта, КГТУ, Doroga). Мэрия предлагает направление. Оценка воздействия на персональные данные: её требует ст. 82 Цифрового кодекса, если участников больше 1 000. «Нулевые» замеры КГТУ на этом и на соседнем, контрольном направлении; датчики воздуха на улице пилота и на похожей контрольной улице.
- Месяц 1.** Запуск: студенты и сотрудники КГТУ, затем жители направления. Первые 2 недели — опрос «дом → учёба или работа» без отслеживания; GPS — только у согласившихся. Участие добровольное и не связано с учёбой и работой.
- Месяц 2.** Мозг учится: прогноз, время выезда, улица, попутчики. Еженедельная сводка рабочей группе.
- Месяц 3.** Замеры КГТУ в те же дни недели и часы, что и «нулевые». Отчёт городу; решение о следующих направлениях принимает город.

ЧТО ИЗМЕРЯЕМ	КАК
Время в пути в час пик	контрольные поездки по графику; обезличенные треки участников
Машин на ключевых участках	подсчёт КГТУ до и во время пилота, с контрольным направлением
Участники и подсказки	доля участников; как часто следуют подсказкам (обезличенно)
Попутчики	число занятых мест
Автобусы	контрольные поездки; GPS автобусов — если город подключит
Перекрёстки	задержка — если город подключит светофоры
Воздух на улице	датчики PM2.5 и NO ₂ на улице пилота и на контрольной улице, до и во время пилота; сравнение в одинаковую погоду; данные анализирует КГТУ
Мнение людей	анонимный опрос участников

Воздух предлагаем сравнивать по методу «разность разностей»: как изменилось на улице пилота и как за то же время на контрольной улице, при одинаковой погоде. Фон по городу дают открытые сети MoveGreen, IQAir и Кыргызгидромета. Год к году индекс качества воздуха по городу не сравниваем: зимой он больше всего зависит от отопления и погоды.

НАША ПОЗИЦИЯ

Мы знаем, как помочь Бишкеку сократить пробки, — и докажем это цифрами на пилоте.



12 · ИСТОЧНИКИ

[1] Reynolds C. W. Flocks, herds, and schools: a distributed behavioral model // Computer Graphics (SIGGRAPH '87). 1987. Vol. 21, No. 4. P. 25–34.

[2] Ballerini M. et al. Interaction ruling animal collective behavior depends on topological rather than metric distance: evidence from a field study // PNAS. 2008. Vol. 105, No. 4. P. 1232–1237.

[3] Sugiyama Y. et al. Traffic jams without bottlenecks — experimental evidence for the physical mechanism of the formation of a jam // New Journal of Physics. 2008. Vol. 10. 033001.

[4] Vickrey W. S. Congestion theory and transport investment // American Economic Review. 1969. Vol. 59, No. 2. P. 251–260.

[5] Stern R. E. et al. Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: field experiments // Transportation Research Part C. 2018. Vol. 89. P. 205–221.

[6] Bureau of Public Roads. Traffic Assignment Manual. U.S. Department of Commerce, 1964 — no: Boyles S. D., Lownes N. E., Unnikrishnan A. Transportation Network Analysis. Vol. I. 2025. arXiv:2502.05182.

[7] How Alibaba's City Brain is solving traffic congestion // The Week. 17.01.2019.

[8] Alibaba Cloud's City Brain solution improves urban management in Hangzhou // ehangzhou.gov.cn. 20.09.2018.

[9] Alibaba Cloud. Пресс-релиз о пилоте City Brain в районе Сяошань. 13.10.2016.

[10] Hangzhou City Brain makes life easier // China Daily. 12.06.2020.

[11] Seoul TOPIS (Seoul Transport Operation and Information Service). topis.seoul.go.kr.

[12] TOPIS: a control tower for managing urban mobility // Development Asia, Азиатский банк развития. 11.12.2019.

[13] Smith S. F., Barlow G. J., Xie X.-F., Rubinstein Z. B. SURTRAC: Scalable Urban Traffic Control // TRB 92nd Annual Meeting. 2013.

[14] Boyles S. D., Lownes N. E., Unnikrishnan A. Transportation Network Analysis. Vol. I, разд. 6.2.1: метод последовательных средних. 2025. arXiv:2502.05182.

[15] Цифровой кодекс Кыргызской Республики от 31.07.2025 (ст. 80, 82, 89). cbd.minjust.gov.kg/3-48/edition/35412/ru.

[16] ICNL. Цифровой кодекс Кыргызской Республики: понимание и соблюдение положений о защите персональных данных. Обзор. 10.02.2026.

[17] MoveGreen. Отчёт о качестве воздуха в Бишкеке и Оше, декабрь 2024 — ноябрь 2025 — no: Report reveals persistently high air pollution levels in Bishkek and Osh // The Times of Central Asia. 19.03.2026; 24.kg. 19.03.2026.

[18] UNDP, UNEP. Air Quality in Bishkek: An assessment of emission sources and roadmap for supporting air quality management. 2022 (Финский метеорологический институт) — no: ADB Briefs No. 272. Tackling Air Pollution in Bishkek: A Road Map to Cleaner Air. Азиатский банк развития, ноябрь 2023.

[19] UNEP. Ditch coal from homes to tackle air pollution in Bishkek, says UN report. Пресс-релиз. 31.10.2022.

Данные модели: улицы, районы и светофоры — © участники OpenStreetMap, лицензия ODbL (выгрузки 28.07.2026 и 11.10.2026). Все цифры модели — условные данные. Иллюстрации — наша графика по данным модели и экраны прототипа приложения «Атлас». Технологическая платформа — Doroga, частный стартап; научный партнёр — КГТУ им. И. Раззакова.