

ТрафикГАЙД

РОБОТЫ-РЕГУЛИРОВЩИКИ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАТОРОВ
В ПОТОКАХ ПЕШЕХОДОВ

Евгений Залесский

Ян Якубчик

Дмитрий Тиунов

Лариса Половникова

Борис Погорельый

Юлия Кайгородцева

Проблема

Каждый из нас попадал в ситуацию, когда люди, идущие в противоположных направлениях, сталкиваются и безуспешно пытаются обойти друг друга.



Так бывает в метро в час пик, на перекрёстках, в аэропорту – в тот самый момент, когда мы опаздываем на рейс.

Проблема

Толпа в центре все время увеличивается, если люди продолжают прибывать, движение останавливается. Никто не может никуда пройти, возникает давка.



Причина затора – пересечение потоков. Особенно плохо, когда потоки идут с 4 разных сторон.



Проблема

Заторы не только заставляют нас терять время, но и могут привести к несчастным случаям.

Сеул	– 153 жертвы
Индонезия	– 182 жертвы
Шанхай	– 45 жертв
Камбоджа	– 450 жертв
Филиппины	– 73 жертвы
Ирак	– 953 жертвы



Ежедневные потери:

- Замедление трафика в транспорте
- Убытки от несчастных случаев
- Снижение турпотока
- Потери человеческого времени в пробках

Существующие решения

Проблему заторов решают организацией и разделением разнонаправленных потоков. Для организации потоков используют два основных способа:

Раздача указаний



Автоматическая организация потоков



Раздача указаний участникам движения

Информация сообщается пешеходам с помощью указателей, знаков, голосовых объявлений.

Недостатки:

- технически сложно раздавать указания большому количеству людей,
- указания теряют актуальность при изменении ситуации,
- пешеходы могут не понимать или игнорировать указания.



Автоматическая организация потоков



Лучше всего разнонаправленные потоки пускать по разным коридорам.

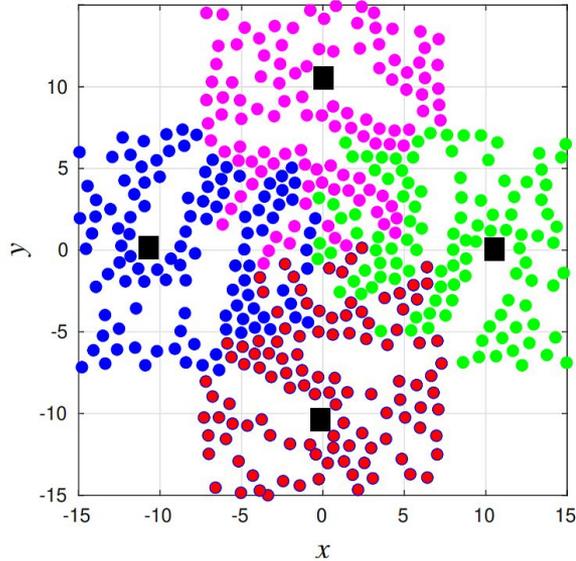
Недостатки:

- Не всегда получается
- Нужно больше места и дальше обходить
- Трудно вносить изменения

Чтобы организовать потоки в толпе, используют ограничители – колонны, столбики. Они помогают разделить толпу, но не очень эффективны.



Наше решение



Перекрёсток с подвижными
роботами-регулирующими
(чёрные прямоугольники)

Чтобы сформировать потоки внутри толпы, мы предлагаем использовать систему движущихся роботов-регулирующих **ТрафикГайд**.

Регулирующие двигаются сквозь поток с рассчитанной траекторией и скоростью, заставляя его участников обходить регулировщика, изменяя свою траекторию движения, и, как следствие, избегать скоплений.

ТрафикГайд – система предотвращения заторов

Предлагаемая нами система состоит из следующих элементов:

- видеокамера;
- самообучающийся модуль распознавания, определяющий скорость и плотность потоков;
- самообучающийся модуль управления, выбирающий скорость и траекторию движения регулировщиков;
- роботы-регулировщики.



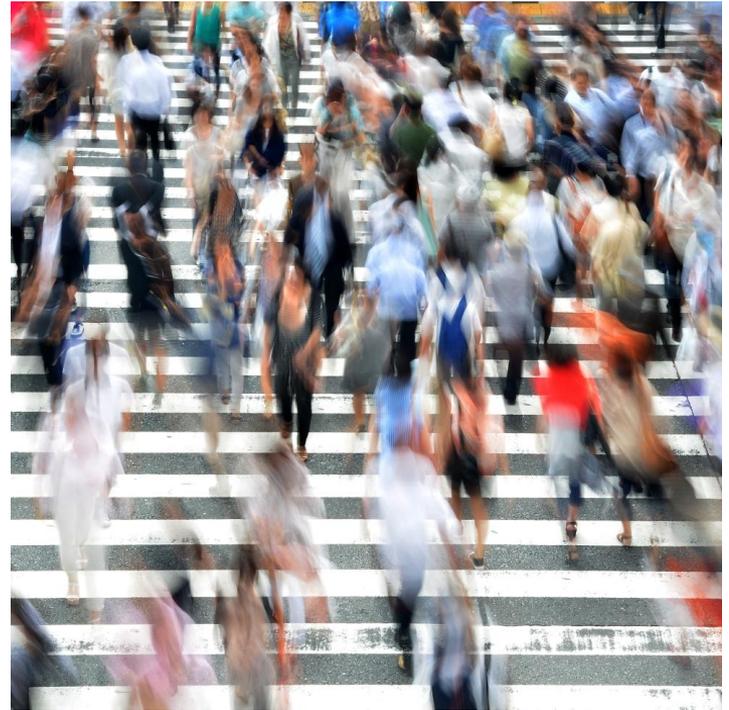
Способы моделирования

Поведение пешеходов описывается различными теориями (теория игр, модель клеточных автоматов, модель обслуживания очередей и т.д.). Ряд из них мы использовали.

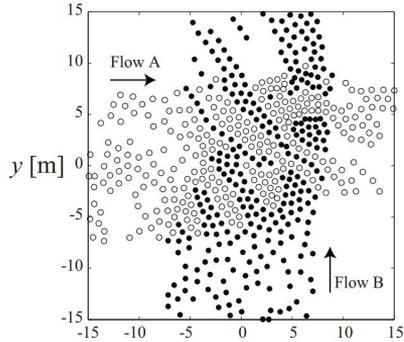
Модель социальных сил (social force model).

Основные элементы:

- пешеходы движутся внутри потоков, помогающих достигнуть цели;
- они стараются избегать столкновений и чрезмерного сближения;
- восприятие пешеходов анизотропно: то, что происходит перед ними, больше влияет на их поведение, чем то, что происходит позади.



Способы моделирования

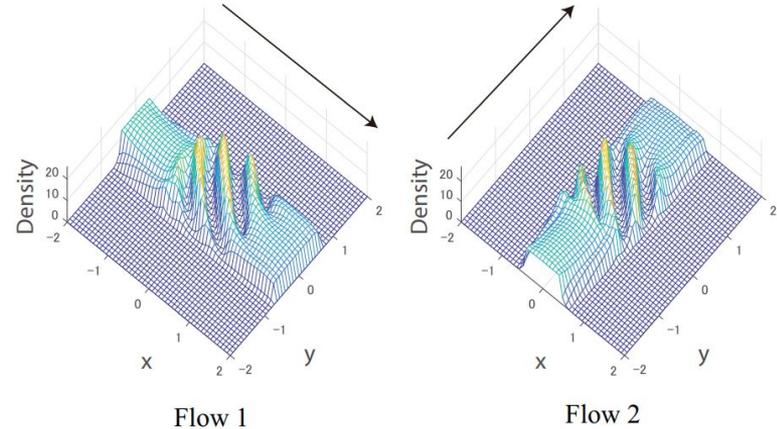


Многоагентная модель: каждый участник движения является агентом, действующим по определённым правилам.

Позволяет наглядно представить действия пешеходов.

Непрерывная модель: описывает потоки пешеходов как сплошную среду с разной плотностью.

Позволяет прогнозировать заторы, вычисляя плотность среды в каждой точке движения.

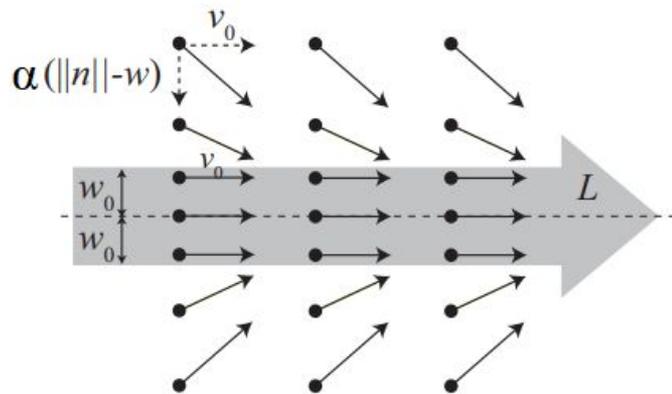


Математическая модель

Мы применяем **непрерывную модель** для диагностики заторов, **модель социальных сил** – для разработки методов предотвращения скоплений, а **многоагентную модель** – для визуализации результатов.

Скорость человека в потоке i может быть записана как $v = f_i(x)$ и вычислена как:

$$f_i(x) = \begin{cases} v_0 \mathbf{d}_i & (\|\mathbf{n}\| \leq w_0) \\ v_0 \mathbf{d}_i + \alpha(\|\mathbf{n}\| - w_0) \frac{\mathbf{n}}{\|\mathbf{n}\|} & (\|\mathbf{n}\| > w_0) \end{cases}$$



Поток людей, движущихся с сопоставимыми скоростями в одном направлении

Математическая модель

В непрерывной модели у потоков есть плотность в каждой точке, и она изменяется по следующему уравнению:

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} = -\rho_i \left(\frac{\partial v_i}{\partial x} + \frac{\partial w_i}{\partial y} \right) - \left(\frac{\partial \rho_i}{\partial x} v_i + \frac{\partial \rho_i}{\partial y} w_i \right)$$

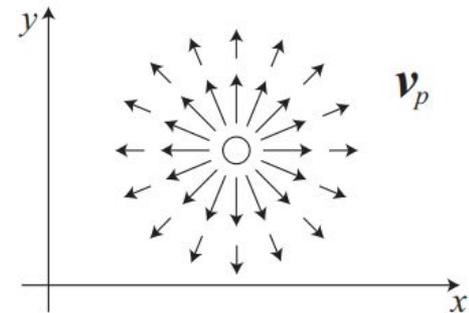
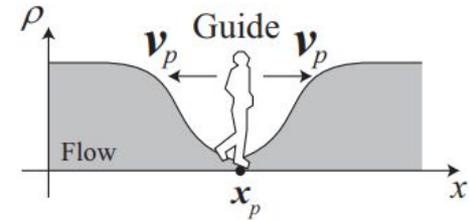
где v_i – вектор скорости с учётом влияния потоков друг на друга:

$$v_i = f_i(\mathbf{x}) - k_1 \nabla \rho_i - k_2 \sum_{j \neq i} \nabla \rho_j$$

Математическая модель

При наличии подвижного робота-регулирующего добавляется «отталкивание» людей от робота:

$$\mathbf{v}_G(\mathbf{x}) = -s(\|\mathbf{x}_G - \mathbf{x}\|) \frac{\mathbf{x}_G - \mathbf{x}}{\|\mathbf{x}_G - \mathbf{x}\|}$$
$$s(x) = \frac{c}{1 + \exp\{a(x - b)\}}$$



Влияние регулировщика
на потоки

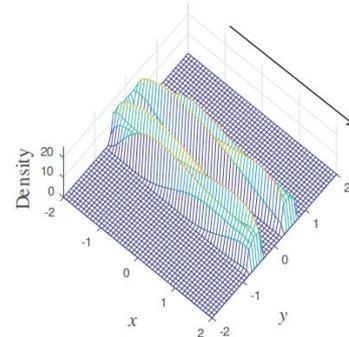
Взаимодействие потоков

При столкновении двух потоков, направленных друг на друга, происходит формирование продольных полос людей, движущихся либо в одну, либо в другую сторону.

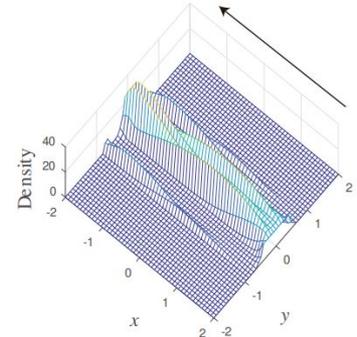
>>>>>>

При столкновении двух потоков, направленных перпендикулярно, образуются диагональные полосы, по которым передвигаются люди из каждого потока.

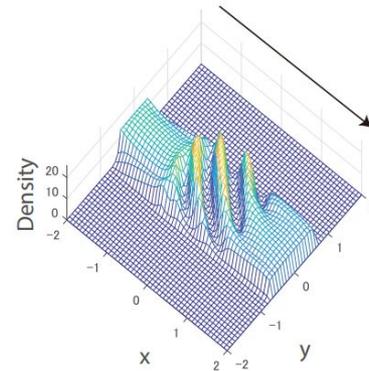
>>>>>>



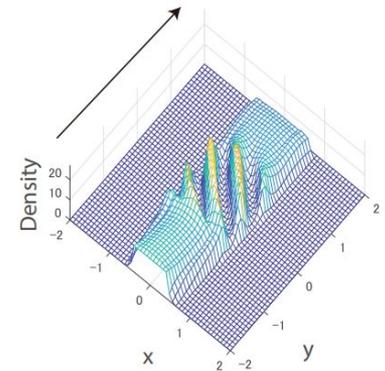
Flow 1



Flow 2



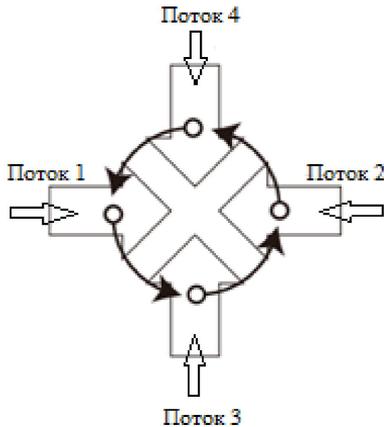
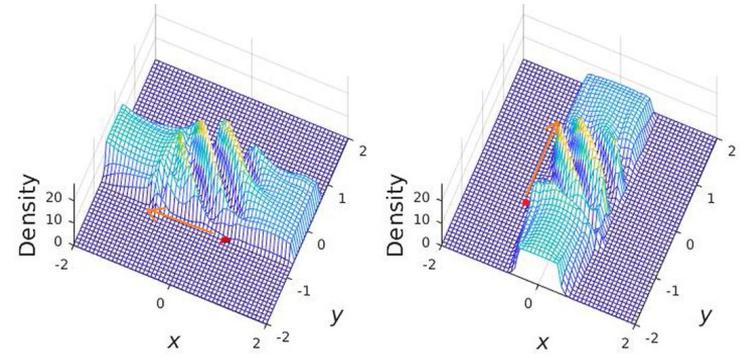
Flow 1



Flow 2

Регулирование потоков

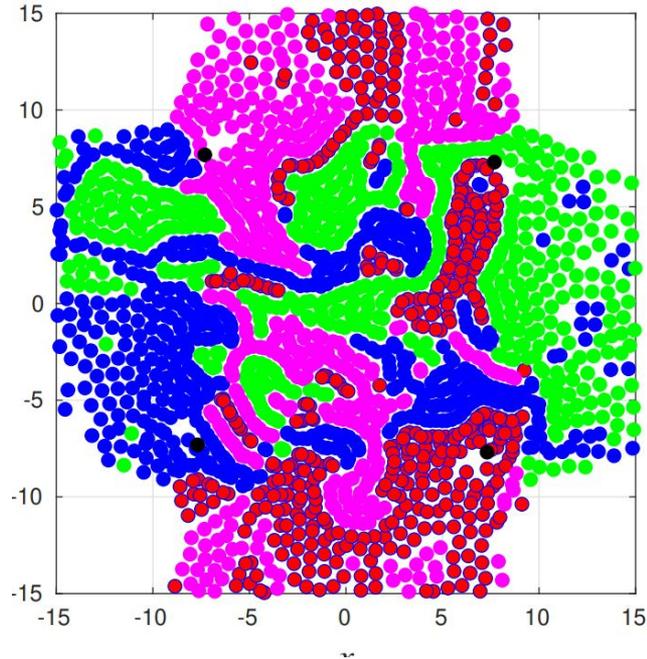
В 2 перпендикулярных потока можно установить двух роботов-регуляровщиков, движущихся в такт полосам, повысив скорость передвижения и снизив плотность скопления.



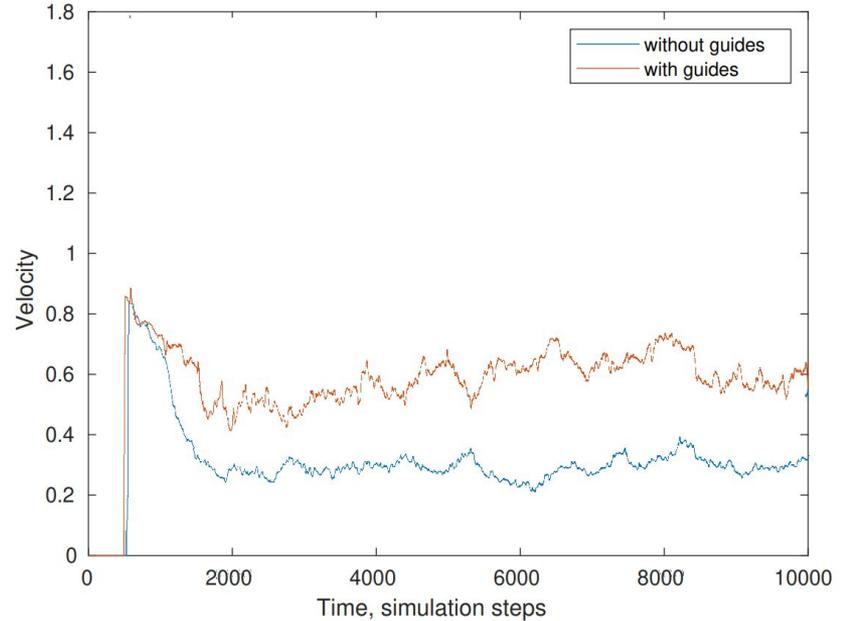
Ситуация с 4 потоками сложнее. Наиболее оптимальным является установка четырёх подвижных роботов-регуляровщиков, двигающихся по кругу.

Скорость их движения меняется в зависимости от параметров потока (количества людей и т.д.)

Симуляция регулирования четырёх потоков



Визуализация потоков с помощью
многоагентной модели



Средняя скорость движения пешеходов без
регулирования (синяя линия) с регулированием
(оранжевая линия)

Коммерческое использование

Возможности применения системы
ТрафикГайд довольно широки:

- туристическая сфера: предотвращение заторов, возникающих рядом с достопримечательностями;
- транспорт: метро, железнодорожные вокзалы, аэропорты;
- массовые мероприятия (митинги, шоу, спортивные состязания).



В настоящее время ведутся переговоры с Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы. Также ведётся совместная работа по разработке и испытанию пилотного проекта на станциях метрополитена Санкт-Петербурга.

Оценка по TAM SAM SOM

Приблизительно оценить объём рынка можно при помощи модели TAM SAM SOM. Расчёт сделан для аэропортов и станций метро.

TAM (Total Available Market) - общее количество аэропортов и станций метро. Их в мире около 55 тысяч.

SAM (Serviceable Available Market) - сегмент, на который нацелен наш продукт.

- крупнейшие аэропорты, так как именно на большом пассажиропотоке проще всего продемонстрировать преимущества нашей системы. Их в мире около 100. В крупном аэропорту несколько терминалов.
- крупнейшие станции метро, около 500 шт.

	количество объектов	кол-во роботов в 1 комплексе	кол-во комплексов в 1 объекте	кол-во роботов всего	цена, \$	объём продаж
аэропорты	100	4	5	2000	1000	\$500 000
метро	500	4	1	2000	1000	\$500 000

Оценка Serviceable Available Market

SOM (Serviceable Obtainable Market) - объём реально доступного рынка. В настоящее время он ограничен промышленными мощностями Промобота и составляет около 500 роботов в год. Объём продаж в таком случае составит около 125 000 долларов в год. При запуске дополнительных мощностей эта оценка может быть пересмотрена.

Конкурентный подход

Прямых аналогов нет. Есть системы, созданные для предотвращения скоплений людей.

	определяет количество людей и плотность потока	управляет потоком людей	замедление потока в какие-то моменты	изменение планов и путей (недостижение цели)	общее ускорение прохождения перекрестка	использование ресурсов пользователя	стоимость на 1 перекресток
CONSORTS	не точно	указаниями	нет	да	да, за счет того, что люди идут в другое место	телефон, мобильное приложение, интернет	система пока не продается, только проект, стоимость около 100 000\$ на парк+постоянные расходы
RFID	точно	нет	нет	нет	нет	нет	по 2\$ на пешехода метка +320\$ камеры на перекресток + ПО и компьютеры
барьеры	нет	автоматически	да	нет	нет, меньше столкновений, но задержка	нет	3200\$ стоимость передвижных барьеров
ТрафикГАЙД	довольно точно	автоматически	небольшое	нет	да, скорость увеличивается, заторы снижаются	нет	Стоимость ПО 1000\$, роботов – 20 000\$. Могут мобильно переноситься с одного места на другое

Бизнес-модель

ТрафикГАЙД

Разрабатывает проект системы регулирования пешеходных перекрёстков, состоящей из:

1. ПО для центрального компьютера и регулировщиков,
2. плана установки системы,
3. камеры, центрального компьютера,
4. роботов-регулировщиков.

Оформляет патент и совместно с компаниями-производителями роботов производит программно-аппаратные комплексы для регулирования перекрестков.



Производители роботов

Производят роботов по заказу ТрафикГАЙД



Метрополитены, аэропорты, торговые центры

Заказывают систему ТрафикГайд. Стоимость одного комплекта ПО – 1000\$ плюс оборудование. Устанавливают систему в местах скопления людей.



Научный задел



Исследование начато в Токийском университете, опубликована статья Ko Yamamoto, Ian Iakubchik “Continuum Model Simulation and Congestion Reduction Control of Four-directional Pedestrian Flows assuming Scramble Crossing”, DARS-SWARM, 2021.

В настоящее время исследование продолжается в Пермском национальном исследовательском политехническом университете.

Команда



Евгений Залесский – лидер команды и научный руководитель.

Работает программистом в ООО «Роботехпроект». Принимал участие в разработке программного обеспечения в проекте “Акустический сенсор касания в корпусе робота”, участник Архипелага 2035, акселератора ФРИИ.

Образование: Уральский горный институт, электрическое оборудование и автоматизация, дополнительное образование – энергетический аудит промышленных предприятий.

Публикации: Eugeniі Zaleskii, Alexei Kozin, Anna Iakubchik «Contact Spot on a Display Surface» ElConRus, IEEE, 2021



Ян Якубчик – научный консультант.

Образование:

2015-2019 Йокогамский Государственный Университет, информационный инженер, бакалавр.

2019-2021, Токийский университет, механо-информатика, магистр информатики и технологии.

В настоящее время: аспирант Токийского университета в области робототехники.

Публикации: “Implant Email Attack That Does Not Require URL Access by Target User”, Proceedings of Computer Security Symposium, 2019; “Continuum Model Simulation and Congestion Reduction Control of Four-directional Pedestrian Flows assuming Scramble Crossing” DARS-SWARM, 2021 и другие

Команда



Дмитрий Тиунов - инженер

Образование: Санкт-Петербургский институт кино и телевидения. Специальность: радиосвязь, радиовещание и телевидение. В проекте занимается организацией связи внутри системы ТрафикГайд (робот-сервер, видеочамера-сервер)



Лариса Половникова

Инженер-системотехник, специалист, закончила Пермский политехнический институт по специальности "Автоматические системы управления", работала программистом в области энергосбережения.

Команда



Борис Погорелый – специалист в области CRI (Crowd Robot Interaction)

Опыт работы: преподаватель ТФ МГГУ (социальная психология, математические методы в психологии), ведение тренингов (психодрама), SMM (аккаунт-менеджер, контент-менеджер, редактор).

Образование: Томский государственный университет, специальность “Психология”. Научные интересы: психология группового поведения, электронное обучение, доказательная психология, психология агрессивного поведения.



Юлия Кайгородцева - разработчик ПО

Образование: Тюменский институт геологии и нефтегазодобычи, кафедра кибернетических систем.

Обучается в магистратуре ПНИПУ (Пермский национальный исследовательский политехнический университет) по специальности «Автономные сервисные роботы».

ТрафикГАЙД

РОБОТЫ-РЕГУЛИРОВЩИКИ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЗАТОРОВ В ПОТОКАХ ПЕШЕХОДОВ

Евгений Залесский, Ян Якубчик

E-mail: 5@etp.su телефон: 2-987-987

**Спасибо
за внимание!**