



Нейросетевая библиотека **EMIIA.AI SDK** для задач  
машинного радиозрения (радиовидение) RTL 3,4,  
обработка радиосигналов и визуализация данных

Разработанные в рамках проекта первые в мире контроллеры и нейросетевые приложение для машинного радиозрения позволили нам получить компактные радиограммы волнового фронта для формирования нейросетевой библиотеки **EMIIA.AI SDK**.

Основное конкурентное преимущество машинного зрения ЭМИИА, перед схожими научными и рыночными аналогами, заключается в возможности программной интеграции технологии в стандартные устройства, без аппаратной модификации. Что позволяет быстро масштабировать и монетизировать технологию. Требуемый функционал локализуется в границах одного двух стандартных устройств, замещается программно более 30% сторонних решений в IoT/IIoT.

Малый вес нейросетевых инструментов, дает возможность обрабатывать информацию непосредственно на устройствах (Edge Computing), без отправки данных в облако, данный формат значительно сокращает время на отклик.

Технологии ЭМИИА опережают как минимум на два года, схожие зарубежные, а также отечественные коммерческие и научные разработки в нейросетевой обработке радиосигналов и визуализации данных в машинном радиозрении.

Проект является ведущим в направлении машинного обучения для радиозрения, входит в ТОП-10 рейтинга ИИ-решений 2020 (Archipelago 20.35): <https://ai.leader-id.ru/contest/1/stage/1/activity/4/>

Разработка внесена на международную карту ИТ-проектов [StartupBlink](#), а также на карту инновационных решений Москвы (Агентство инноваций Москвы):

<https://innovationmap.innoagency.ru/catalog/?category=&productId=2275&str=&subcategory=&lvl3=>

Открытый программный код ЭМИИА включен в программу GitHub Arctic World Archive 2020. Программа направлена на сохранение в Арктике , на протяжении тысячи лет современного ПО с открытым исходным кодом: <https://archiveprogram.github.com/>  
Репозиторий ЭМИИА GitHub: <https://github.com/EMIIA>

Проект ЭМИИА (EMIIA.AI) участник программы Yandex Cloud Boost с предоставлением гранта до 1000000 рублей: <https://cloud.yandex.ru/cloud-boost>

EMIIA.AI (ЭМИИА ИИ) участник международной программы NVIDIA Inception для стартапов в области искусственного интеллекта и науки о данных, которые кардинально меняют работу в отраслях: <https://www.nvidia.com/ru-ru/deep-learning-ai/startups/>



Группа специалистов ЭМИИА в 2010-2013 гг. провела разработку и коммерческое внедрение проекта "КСК ГРААД" (комплексная система контроля ГРААД). Установлено более ста тысяч репликаций программного решения (микропрограмма). Коммерческий и научный задел сформированный в "КСК ГРААД", лег в основу проекта и технологий ЭМИИА.

Интернет-ресурс проекта: <https://cscgraad.blogspot.com/>

GitHub репозиторий проекта: <https://github.com/EMIIA/GRAAD>

### Цитирование:

Учебник для магистратуры "Криминология цифрового мира"

В. С. Овчинский. — М. : Норма : ИНФРАМ, 2018. — 352 с.  
(стр. 316, раздел IV)

<https://emiiia.github.io/1/Criminology.pdf>

### Публикации:

Сборник материалов научно-технической конференции с представителями сектора исследований и разработок, коммерческого сектора, высшего профессионального образования Крымского федерального округа в рамках участия в 2015 году в реализации федеральных целевых программ и внепрограммных мероприятий, заказчиком которых является Минобрнауки России, г. Севастополь, 01-02 декабря 2015 г. / Редакция Е.Б. Мелков, В.А. Куликов, А.С. Слепокуров. – Севастополь: СРО ВОИР, 2017. – 167 с.  
(ЭМИИА, В.В. Старостин, А.Н. Люман, Н.В. Филиппова, стр. 164, раздел I)

<https://emiiia.github.io/1/CollectionMON.pdf>

### Цитирование:

Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции «Ключевые проблемы и передовые разработки в современной науке».  
— Международный научно-информационный центр «Наукосфера». Смоленск: ООО «Новаленсо», 2017. 238 с. (ЭМИИА стр. 122, раздел V)

<https://emiiia.github.io/1/Klyuch-probl-i-per-razrab-okt-2017.pdf>

### Scholar Google Citations:

Список публикаций/цитирований

Профиль проекта и авторов с разделом соавторы:  
<https://scholar.google.ru/citations?user=ffHMwpwAAAAJ&hl>

Обзоры и экспертные сравнения технологии с мировыми аналогами от Hi-Tech Mail.ru, 3DNews Daily Digital Digest, ICT.Moscow.

[Hi-Tech](#) [3dNews](#) [ICT](#)

Описание технологии, параметры, технические  
характеристики и сравнительный анализ со  
схожими коммерческими и научными аналогами

Базовая технология: Машинное радиозрение (Machine Radio vision) – анализ, обработка и визуализация данных радиофронта посредством нейросетевых инструментов.

CS Cognitive sensor SLAM/RTLS/DT (simultaneous localization and mapping, Real-time Locating Systems, Digital Twin):

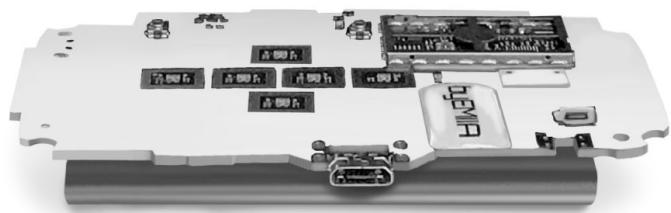
- AI Navigation
- AI Mapping
- AI Sensor

\*Алгоритмы ИИ, нейросетевые решения и модели (датасеты) разработаны исключительно ЭМИИА.

Описание технологии:

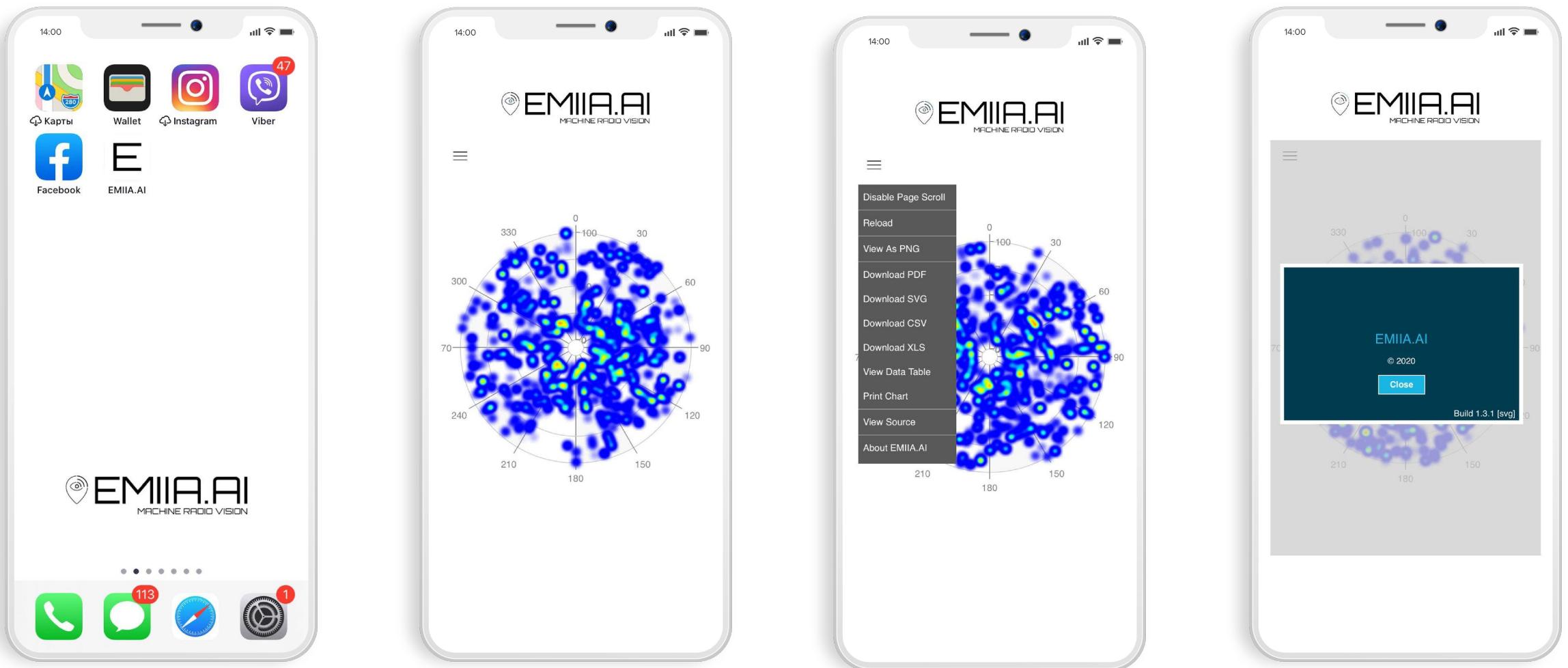
Распознавание образов, детекция, вычисление скорости, координат и направления движения объектов (люди, животные, автомобили), посредством радиоволн, в том числе и за радиопрозрачными преградами (стены, препятствия, дождь, снег, туман, темное время суток). Нейросетевая обработка сигналов и визуализация данных (Edge, SaaS).

Дальность действия: сквозь радиопрозрачные преграды до 9 метров, на открытом пространстве до 300 метров, пассивное обнаружение до 1000 метров. Замещается программно более 30% датчиков и сенсоров, средств AI-навигации, ADAS, автоматизации и безопасности. CR-SLAM (метод одновременной локализации и построения карт).

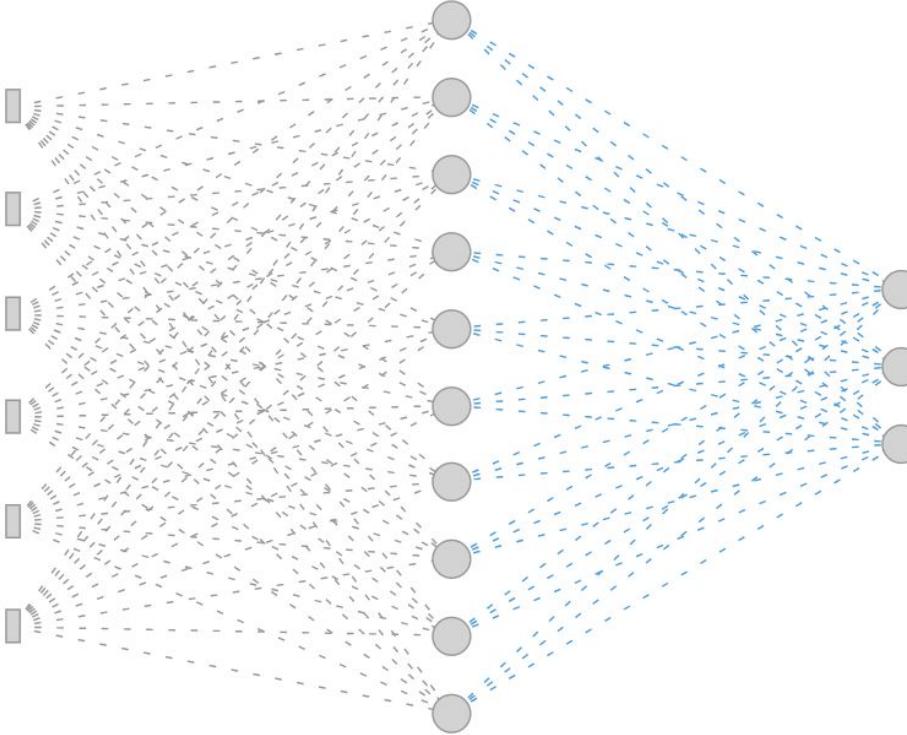


- Machine Radio vision (WLAN Wi-Fi/UWB)
- Fog/Edge Computing, Wi-Fi Meshnet
- Neural Network (ANN)

Контроллер ЭМИИА с интегрированным микроконтроллерным блоком и программными нейросетевыми инструментами, для задач машинного радиозрения RTL 9.



Нейросетевое приложение разработчика: обработка  
сигналов и визуализация данных RTL 9 (iOS, Androin, Linux)



Открытый набор тестовых данных для обучения нейронной сети: радиограммы и модель RTL 3,4:

- neuralman.js
- neuralman.html
- neuralman.json
- neuralmodel.xml

Ссылка на данные Google Kaggle (EMIIA.AI): <https://www.kaggle.com/emiiiaai/emiiiaai>

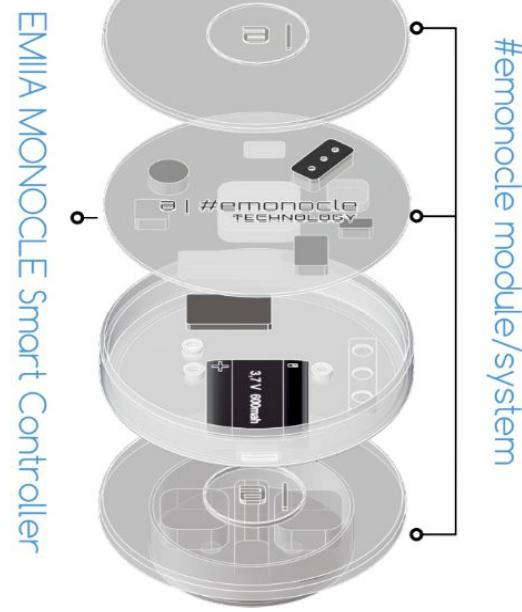
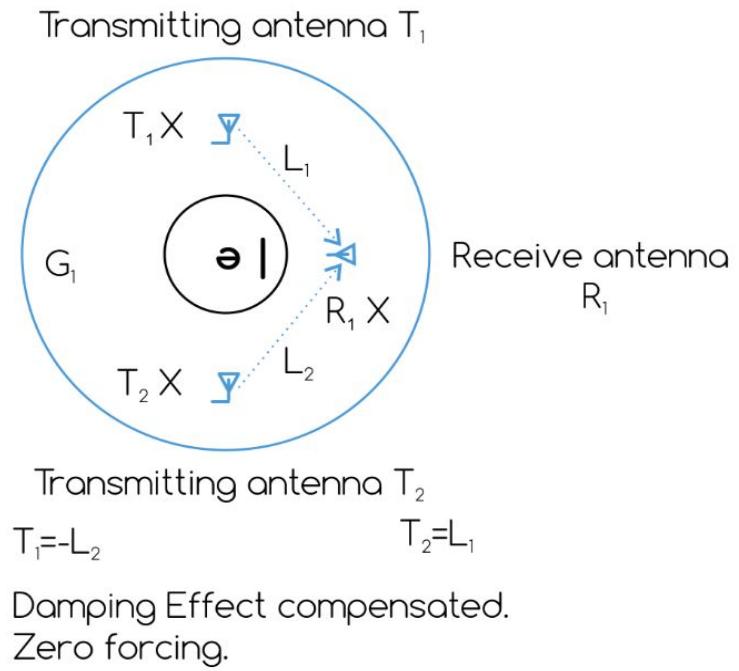
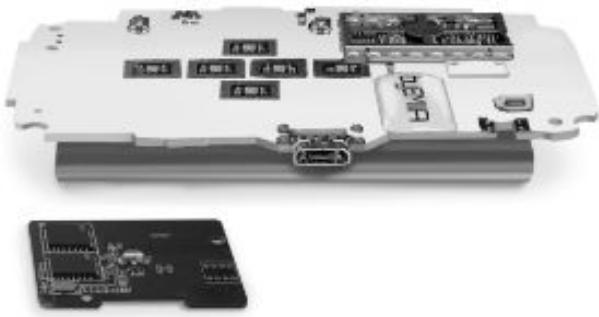
#	Программно-аппаратные решения	Стоимость решений от (руб.)	Соответствие санитарным нормам	Лицензирование частотного диапазона	Программная интеграция в IoT/IIoT	Нейронная сеть (Online)	Нейронная сеть (Offline)	Интернет-ресурс проекта
1	ЭМИИА (EMIIA.AI) Россия	3 000	Соответствует	Не требуется	+	+	+	<a href="#">Ссылка</a>
2	Данник-5 СКБ ИРЭ Россия	200 000	*Не соответствует	Требуется	-	-	-	<a href="#">Ссылка</a>
3	РО-900 ГЕОТЕХ Россия	300 000	*Не соответствует	Требуется	-	-	-	<a href="#">Ссылка</a>
4	EMERALD WiTrack MIT США	70 000	Соответствует	Не требуется	-	+	-	<a href="#">Ссылка</a>

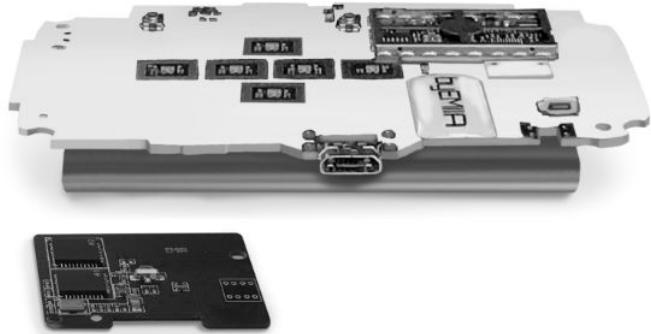
\*Используются лицензированные спектры частот, требуется получение лицензии. Электромагнитное излучение превышает допустимые нормы, для возможности применения в жилых помещениях.

#	Программные решения (ANNs)	Стоимость решений от (руб.)	Нейросетевая модель (Online)	Нейросетевая модель (Offline)	Требуемые вычислительные мощности	Размер нейросетевых инструментов
1	ЭМИИА (EMIIA.AI) Россия	400	+	+	от 1 MFLOPS до 30 GFLOPS	100-300 MB
2	*EMERALD WiTrack MIT США	5 000	+	-	от 140 до 300 GFLOPS	1,7 GB

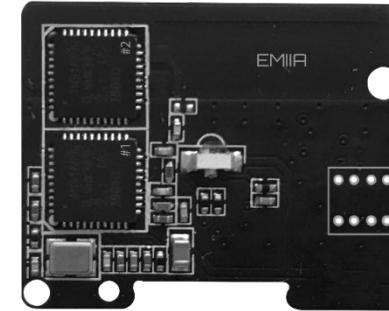
\*Программное обеспечение может быть интегрировано только на устройства EMERALD, специально модифицированные для задач радиооптики (радиовидение).

#	Обозн. МСЭ	Диапазон длин волн	Название диапазона волн	Диапазон частот	Название диапазона частот	Энергия фотона $E=h\nu$
1	UHF	1000 мм — 100 мм	Дециметровые	300—3000 МГц	Ультравысокие (УВЧ)	1,24 мкэВ — 12,4 мкэВ
2	SHF	100 мм — 10 мм	Сантиметровые	3—30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)	12,4 мкэВ — 124 мкэВ





Встраиваемый контроллер ЭМИИА с интегрированным микроконтроллерным блоком ( модуль) #emonocle/MONOCLE



Встраиваемый модуль ЭМИИА #emonocle/MONOCLE  
(микроконтроллерный блок)

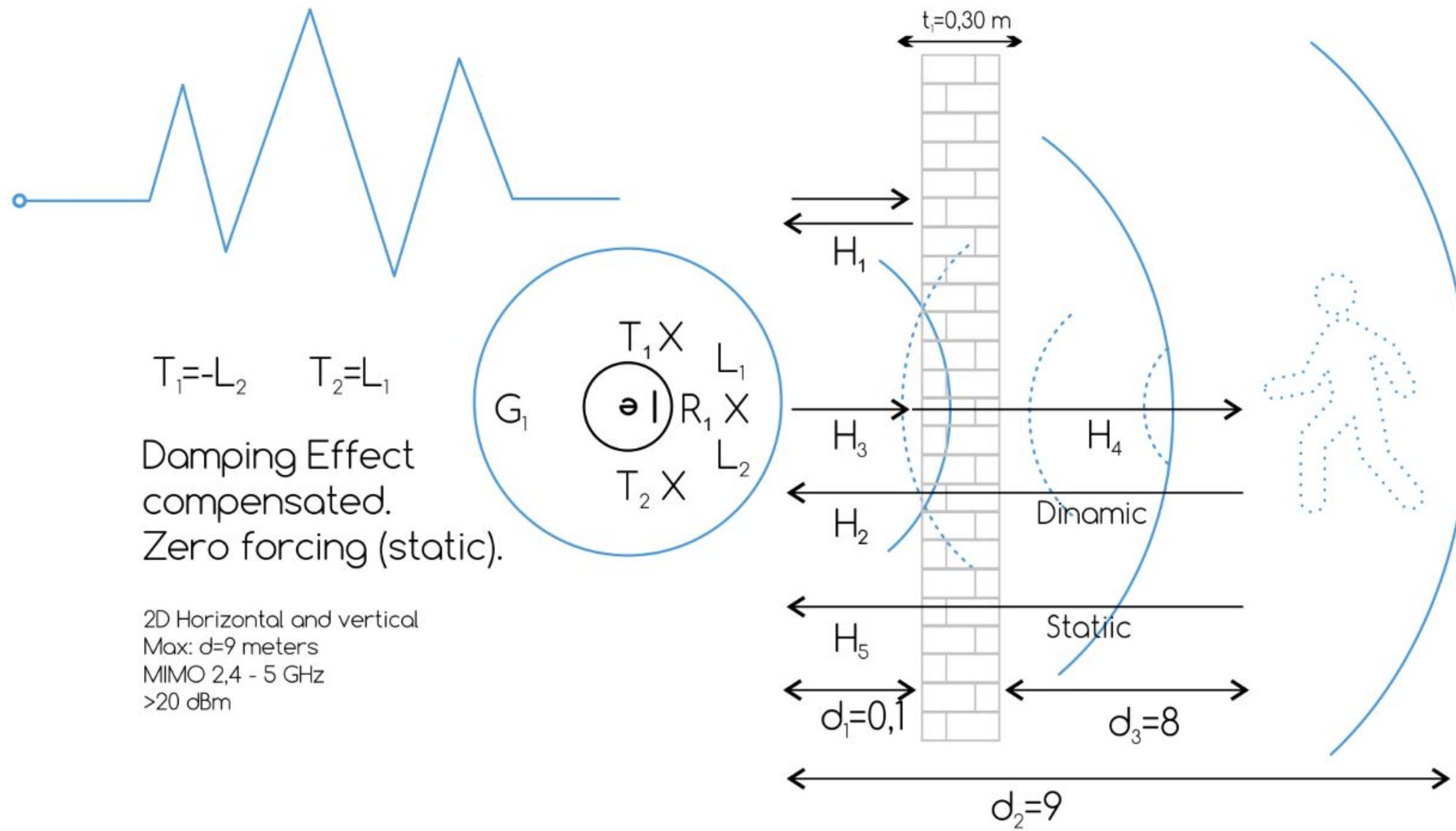
Аппаратно-программное решение: встраиваемый Smart контроллер с модулем ЭМИИА.

Четыре группы антенн G1, G2, G3, G4, осуществляют обнаружение и захват восьми движущихся объектов.

В одной группе G1 три направленных антенны: две антенны используются для передачи сигнала (Transmitting) T1, T2 в противофазе, и одна для приема (Receive) R1.

Компенсация эффекта затухания радиоволн Damping Effect Compensated (DEC) достигается посредством аппаратного элемента X в системе (подлежит патентованию) и обнуления MIMO Zero forcing (ZF), реализуется с использованием программных фильтров для статических объектов. Что позволяет вычислять радиоволны H2 которые отразились от движущихся объектов сквозь оптически непрозрачные преграды и материалы. А также более точно отслеживать координаты объектов с применением техники обратного радиолокационного синтезирования апертуры.

T1=-L2 T2=L1 Эффект затухания радиоволн компенсирован. Обнуление радиоволн отраженных от статических объектов.



Радиоволны проходят сквозь препятствия и их неметаллические элементы Н3 Н4, отражаются от движущихся объектов Н2 и несут информацию к приемнику. Принцип действия аналогичный радару или гидролокатору.

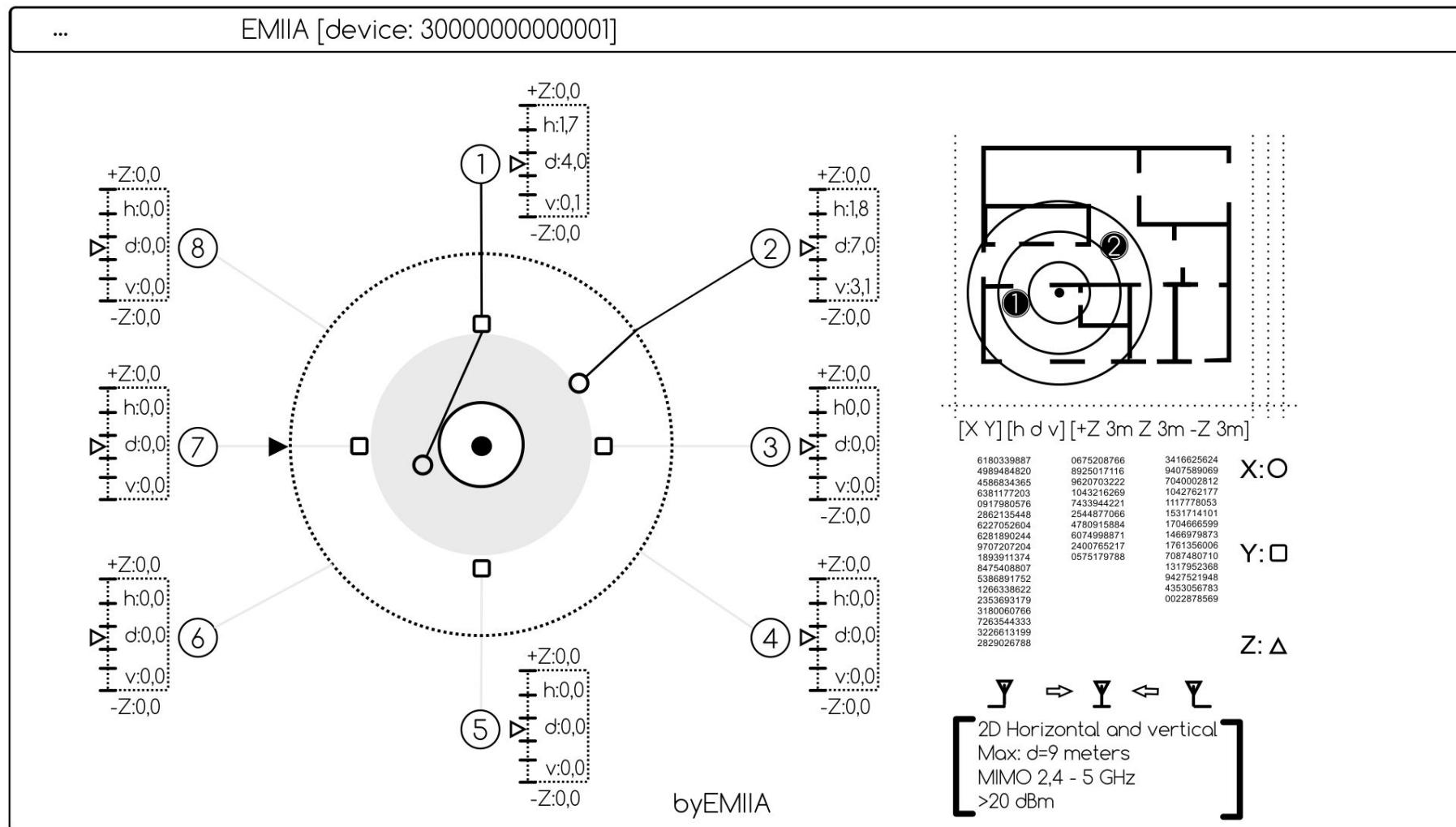
Волна проходит через группу антенн G1, таким образом сигналы Н1 отраженные от неподвижных объектов не принимаются к обработке приемной антенной R1 (программные фильтры). В общем линейном потоке Н2 регистрируются только те данные которые отразились от движущихся объектов, аппаратный элемент X компенсируют эффект затухания радиоволн, а программные фильтры выполняют обнуление MIMO ZF (статические объекты). Модуль использует алгоритм сканирования для определения параметров объектов вычисляя время и мощность отраженного сигнала, рассчитывает последовательность пространственных меток.

Поляризация обнаружения движущихся объектов: вертикально-горизонтальная.

Визуализация интерфейса 2D.

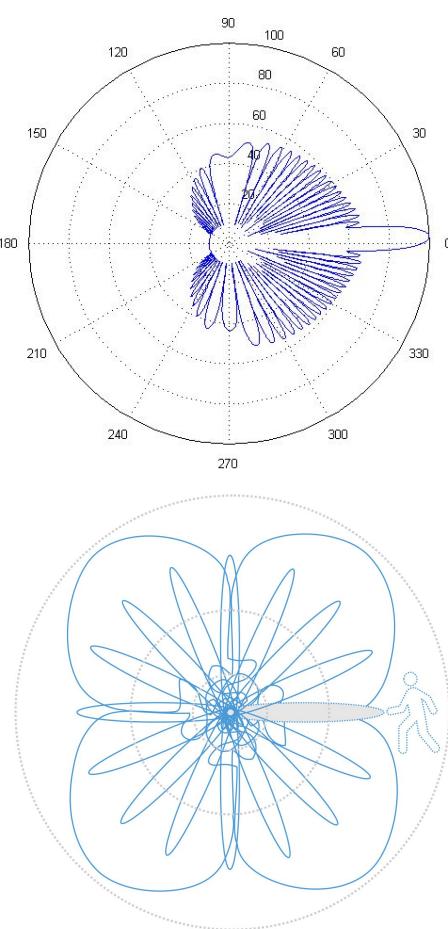
$t=0,90m$  – максимальные значение в коммерческом применении, компенсация эффекта затухания радиоволн DEC и обнуления ZF. Общая максимальная толщина стен, архитектурных конструкций, оптически непрозрачных преград и материалов в метрах.

$d=9m$  – максимальное значение в коммерческом применении, компенсация эффекта затухания радиоволн DEC и обнуления ZF. Вертикально-горизонтальный радиус обнаружения и захвата движущихся объектов в метрах.

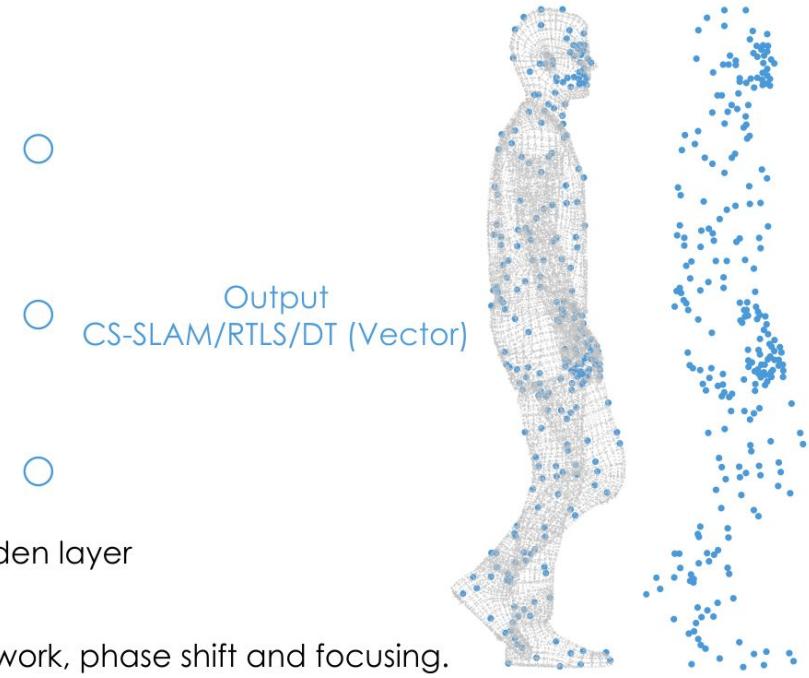
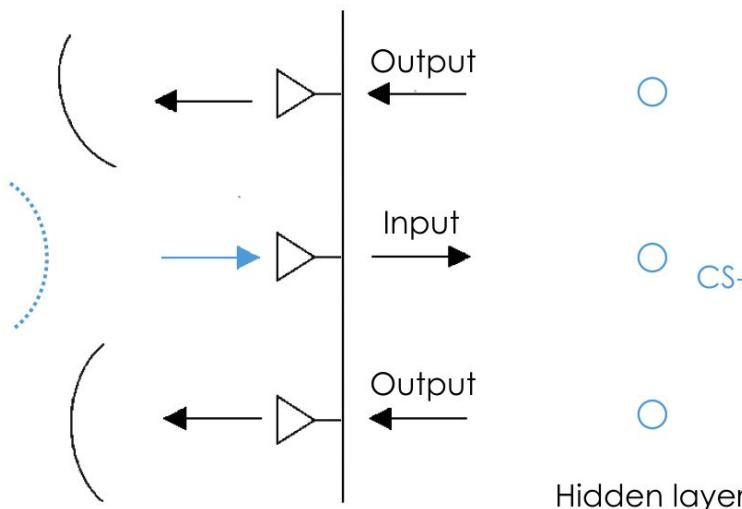


Для вывода всех параметров обязательным условием является применение осциллографа, программной среды MATLAB, спецоборудования и программного обеспечения.

Рис. Скриншот параметров системы на мониторе компьютера.



Filtration of radio signals through a neural network, phase shift and focusing.

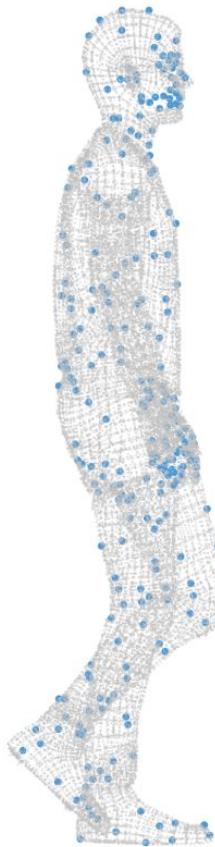


Нейросетевая фильтрация данных, управление фазами и фокусирование на объекте.



Рис. Скриншот видео тестирования работы системы.

Видео: <https://youtu.be/cHT3bFJCbSo>



```
id="path818"
d="m 94.87779,47.028008 c 0.0336925
-0.263607,0.601613 -0.5991,0.601613 -0.359462,0
-0.623066,-0.264688 -0.623066,
-0.601613 0,-0.336911 0.263604,
-0.625678 0.623066,-0.625678 0.335493,0 0.5991,
0.288767 0.5991,0.625678 z"

id="path820"
d="m 86.706033,53.357054 c 0.0336911
-0.263604,0.601613 -0.623064,0.601613 -0.335496,0
-0.599099,-0.264702 -0.599099,-0.601613 0,-0.336911
0.263603,-0.625692 0.599099,-0.625692 0.35946,
0.623064,0.288781 0.623064,0.625692 z"

id="path826"
d="m 101.63564,47.028008 c 0.0336925
-0.28757,0.601613 -0.62307,0.601613
-0.33549,0,-0.5991,-0.264688 -0.5991,-0.601613 0,
-0.336911,0.26361,
-0.625678,0.5991,-0.625678 0.3355,0 0.62307,
0.288767,0.62307,0.625678 z"

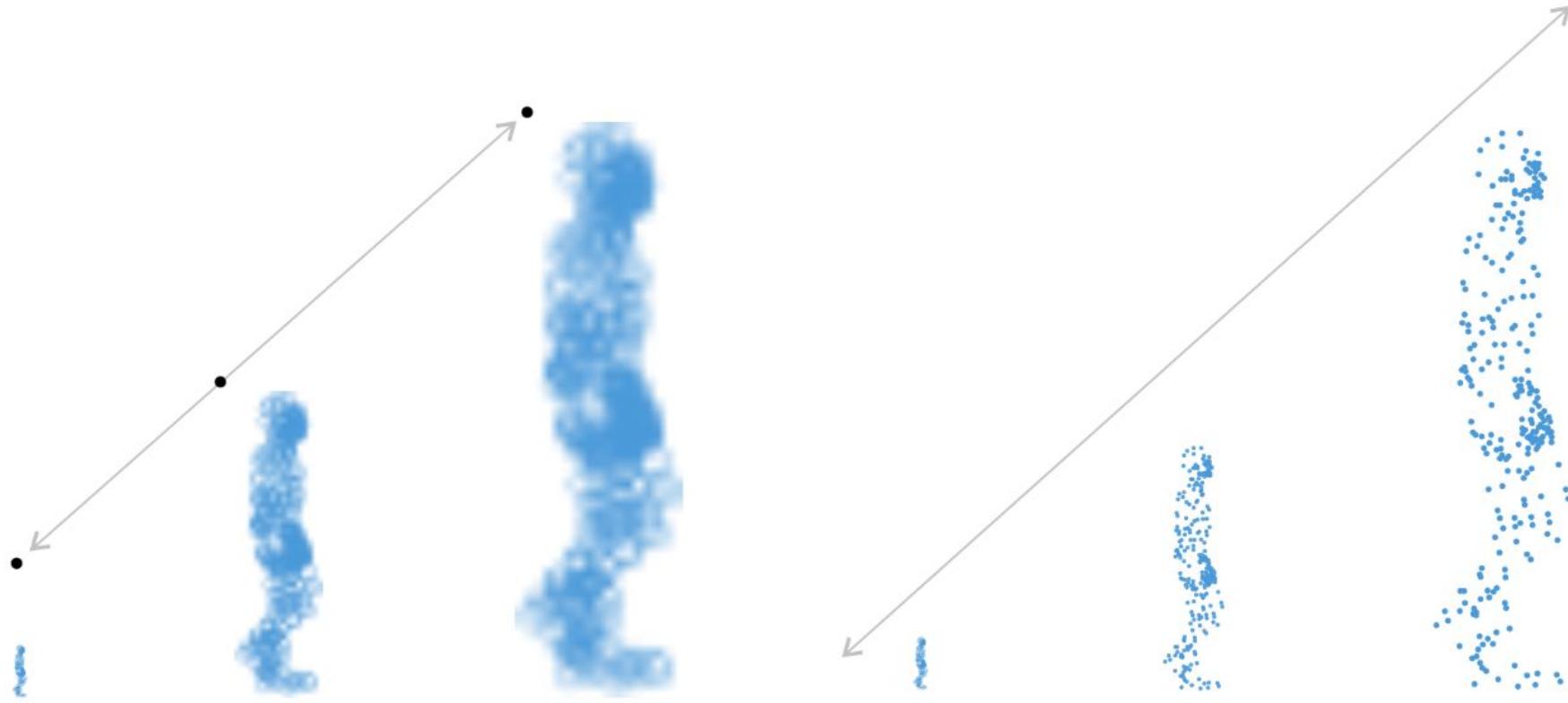
id="path828"
d="m 103.81636,53.597704 c 0,0.360963
-0.2636,0.625679,-0.5991,0.625679,-0.35946,
0,-0.62306,-0.264716,-0.62306,-0.625679,0,-0.336911,0.2636,
-0.601613,0.62306,-0.601613,0.3355,0,0.5991,
0.264702,0.5991,0.601613 z"

id="path822"
d="m 94.87779,52.009423 c 0.0336911
-0.263607,0.601627,-0.5991,0.601627,-0.359462,0
-0.623066,-0.264716,-0.623066,-0.601627,0,-0.360962,0.263604,
-0.625691,0.623066,-0.625691,0.335493,0,0.5991,
0.264729,0.5991,0.625691 z"

id="path824"
d="m 89.413998,49.434488 c 0.0336911
-0.263603,0.625678,-0.5991,0.625678,-0.335496,
0,-0.623064,-0.288767,-0.623064,-0.625678,0,-0.336884,0.287568,-0.625678,0.623064,-0.625678,0.335497,
0,0.5991,0.288794,0.5991,0.625678 z"/>
```



Цифровая векторная модель ML, псевдо 3D,  
2-10 Kbyte, HTML5/JS/JSON, без включения  
аналоговой растровой графики



Data Set size (fragment 2D) of standard models ML: **100 Kbyte**

Raster Analog Graphics ML

Size of the Data Set (fragment 2D) of the EMIIA models ML: **2-10 Kbyte**

EMIIA Vector Digital Graphics ML

Сравнительные характеристики фрагментов растрового датасета (слева),  
и векторного датасета ЭМИИА (справа), при масштабировании и сжатии.

Входные данные радиоволн преобразованные в дискретный код формируются в структуру SVG (Scalable Vector Graphics - язык разметки масштабируемой векторной графики) для обработки, хранения и машинного обучения на SVG (XML) данных. В некоторых случаях вес моделей не превышает 1 Мб и включает в себя всю необходимую информацию для решения задач машинного зрения. Малый размер позволяет интегрировать инструменты для работы с искусственными нейронными сетями непосредственно на аппаратную базу большинства электронных устройств (контроллеры, микрокомпьютеры, сетевое оборудование). Что дает возможность системе не использовать облачные ресурсы функционировать без интернет-соединения в автономном режиме.

Данный метод не требует создания и хранения громадного количества фото/видео примеров с трудоемким процессом по их разметке правильными ответами, а также больших вычислительных мощностей для последующей обработки данных.

Необходимым условием для задач радиооптики является два микроконтроллера с Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n интерфейсом на каждый микроконтроллер и их взаимодействием между собой, как на программном, так и на аппаратном уровне. Мощность электромагнитного излучения на один микроконтроллер должна быть в пределах 20 dBm или более

Система (машиное радиозрение) вычисляет объем объекта по образцу цифровой контурной маски радиоволн, маркерам x,y,z в SVG и распознает его. В процессе самообучения нейронная сеть способна автономно дополнять и изменять общие модели SVG образов, следовательно более точно определять типы движущихся объектов, подстраиваться к границам пространства, конкретным пользователям и задачам, а также принимать самостоятельно операционные действия относительно автоматизации процессов.

\*Моделирование системы осуществляется посредством инструментов MATLAB с дальнейшим компилированием кода для среды машинного обучения TensorFlow Lite.

Цифровая контурная маска в SVG формате с маркерами по значениям хуу (движение человека), модель для обучения нейронной сети, сгенерированная программными инструментами MATLAB, устройствами вывода и ввода, аппаратными средствами и специализированным ПО для анализа и преобразования данных.

В процессе получения данных были устраниены радио-шумы посредством программных фильтров. Объект: взрослый человек. Время фиксации движения: четыре секунды, с детекцией на 1-й секунде и распознавании образа, определение скорости и координат на 2-й секунде.

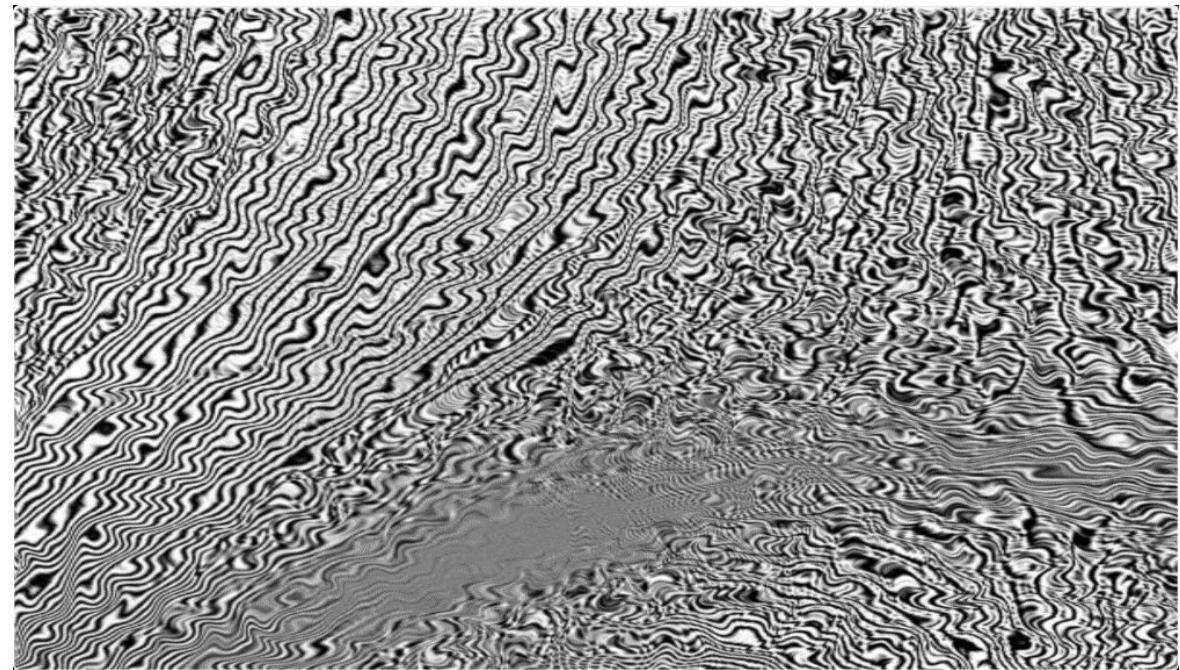
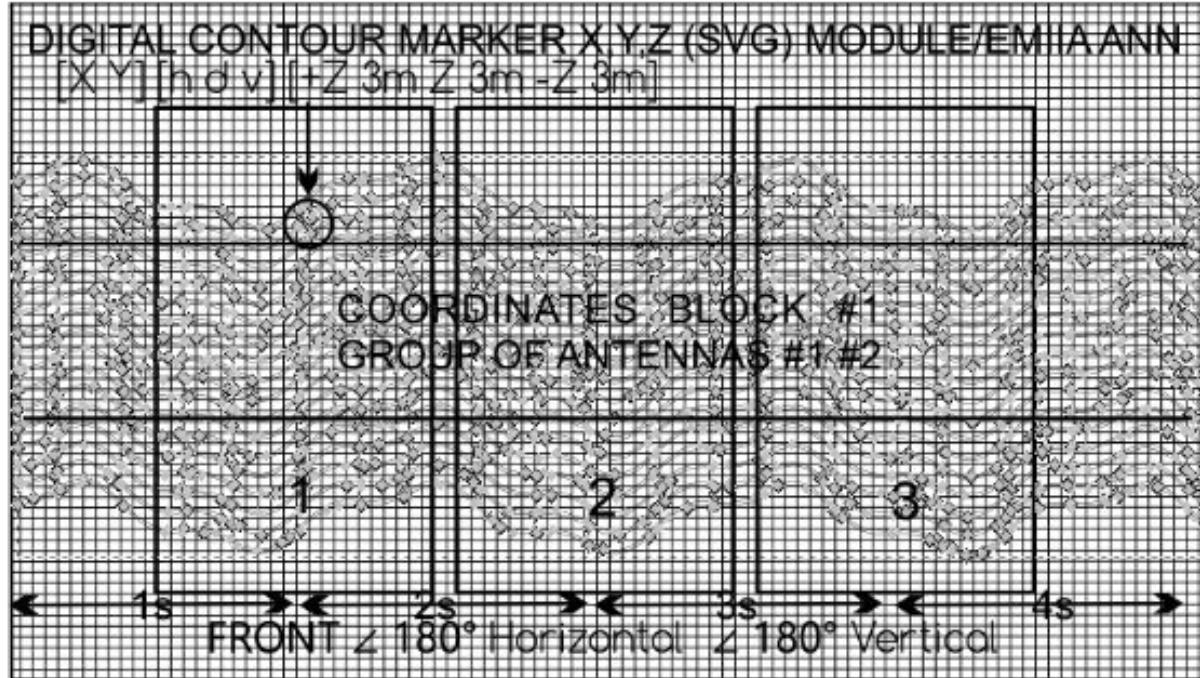
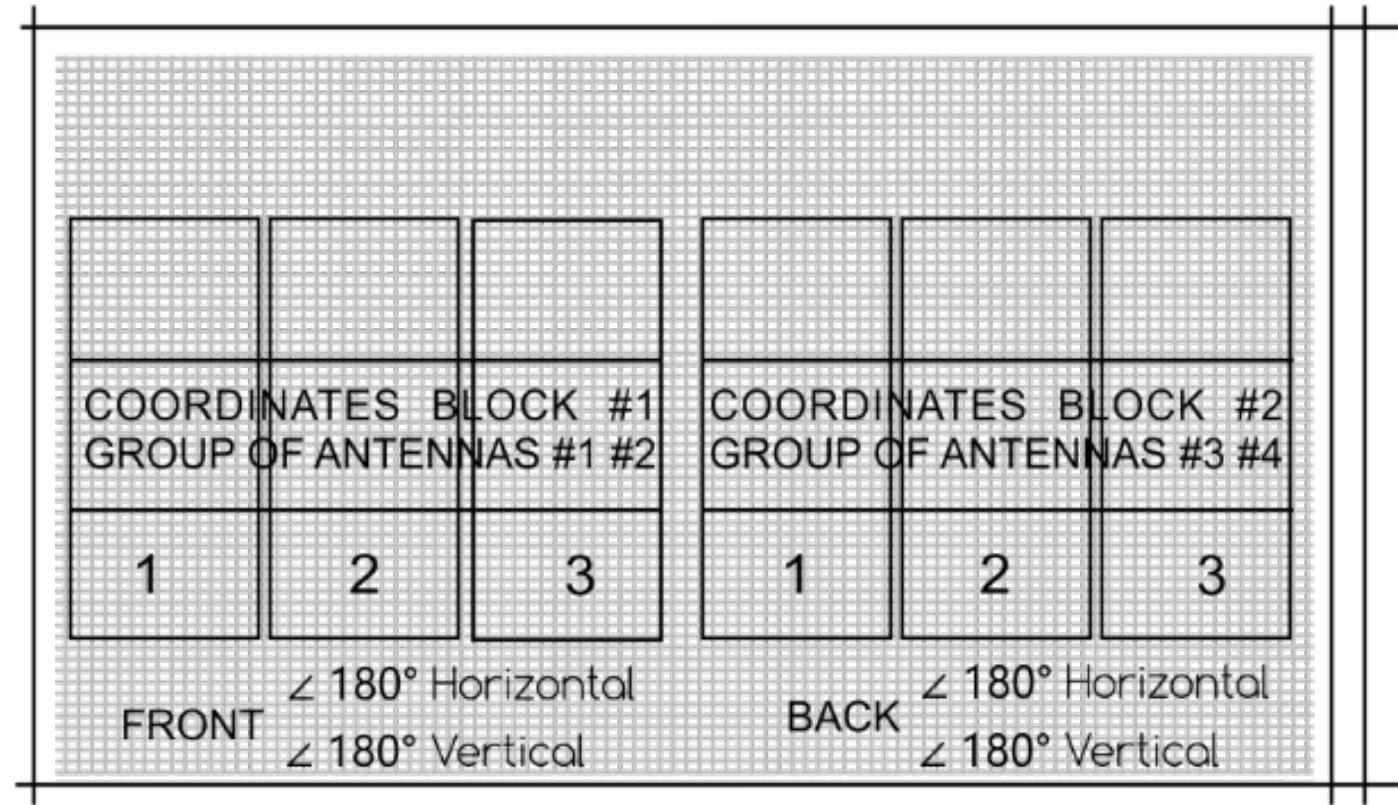


Рис. Радиограммы с маркерами контуров без цифровых значений (2D).



Разнесенные группы направленных антенн горизонтально-вертикальной поляризации:  
Блок #1 передняя часть устройства (три координатных сектора)  
Блок #2 задняя часть устройства (три координатных сектора)

### SVG (Scalable Vector Graphics)

```
id="line32003"  
y2="4752.7202"  
x2="119.94"  
y1="4744.7598"  
x1="16243"
```

```
56,-46.32 -847.87,364.18 -427.91,412.06  
-603.35,318.5  
-864.5,179.2 -55.12,-29.4 -114.12,-60.87  
-179.96,-89.9  
-212.13,-93.51 -282.15,-89.81 -450.94,-80.89  
-64.53,3.41  
-143.49,7.59 -250.35,7.42 -265.2,-0.42  
-461.79,-188.08  
-646.27,-364.19 -161.92,-154.57 -314.4701,-300.2  
-494.8389,  
-300.48 -193.92997,-0.3 -329.48997,75.18  
-459.14997,147.38  
-119.79,66.69 -234.61,130.63 -386.00001,130.4  
-28.79,-0.05  
-56.16,-0.23 -82.23,-0.51 z#
```

Фрагмент кода цифровой модели движения взрослого человека с цифровыми маркерами и значениям,

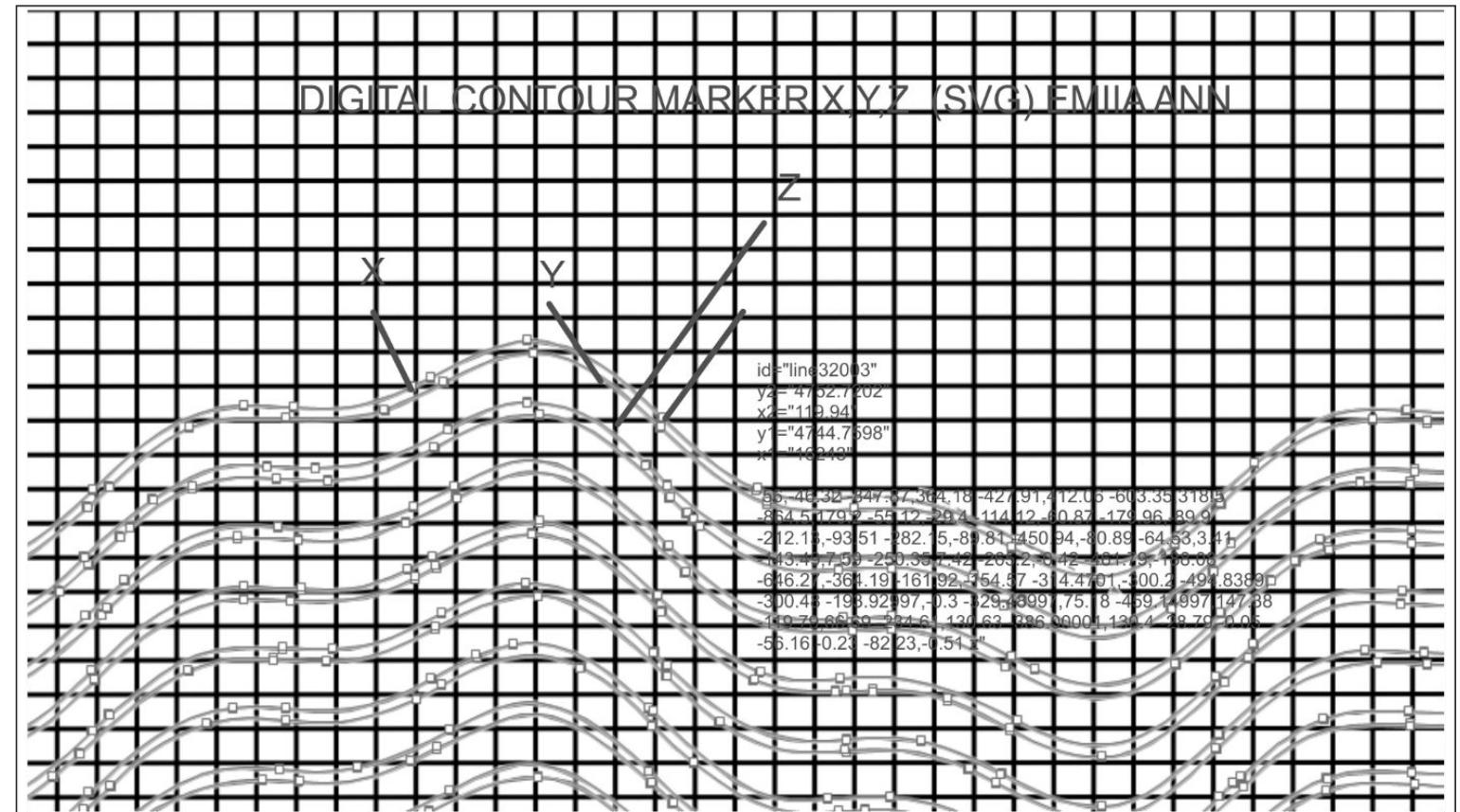


Рис. Радиограмма с цифровыми маркерами контуров и цифровыми значениями x,y,z **(векторы, 2D)**.

1.

Границы наблюдения-движение отсутствует  
аналоговый радиосигнал трансформирован  
в цифровой посредством аппаратной части.

Получены оцифрованные данные  
радиосигналов для последующей обработки и  
анализа.  
(микроконтроллерный блок #emonocle offline)

2.

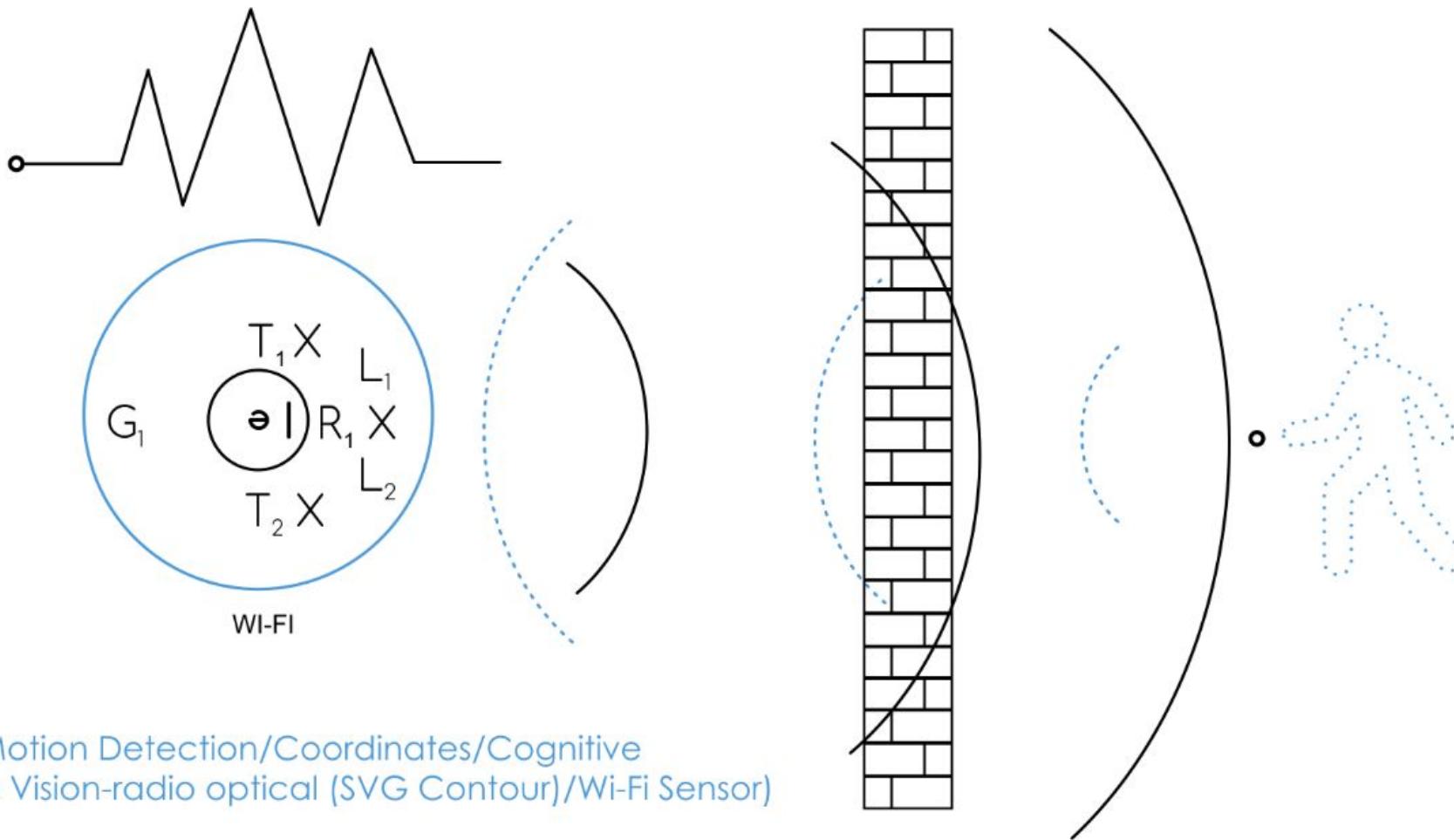
Детекция-зарегистрировано движение в границах  
наблюдения, скорость и координаты объекта  
вычислены посредством прошивки и  
направленных разнесенных групп антенн.  
(микроконтроллерный блок #emonocle offline)

3.

Определение емкости и распознавание объекта  
по цифровым маркерам и значениям SVG  
контуров модели x,y,z  
(нейронная сеть ЭМИИА online/offline  
в зависимости от аппаратной части)

4.

Самообучение нейронной сети ЭМИИА  
усовершенствование и модификация  
SVG модели конкретного объекта.  
(online/offline в зависимости от аппаратной части)



Используются дециметровые и сантиметровые волны ультравысокой и сверхвысокой частоты (СВЧ и УВЧ) в частотных диапазонах 2,4 ГГц, 5 ГГц.

$G_1$  - первая группа антенн модуля сканирования:

$T_1$  - передающая антенна №1

$L_1$  - радиолиния №1

$L_2$  - радиолиния №2

$T_2$  - передающая антенна №2

$H_1$  - отраженные радиоволны от статических оптически непрозрачных объектов.

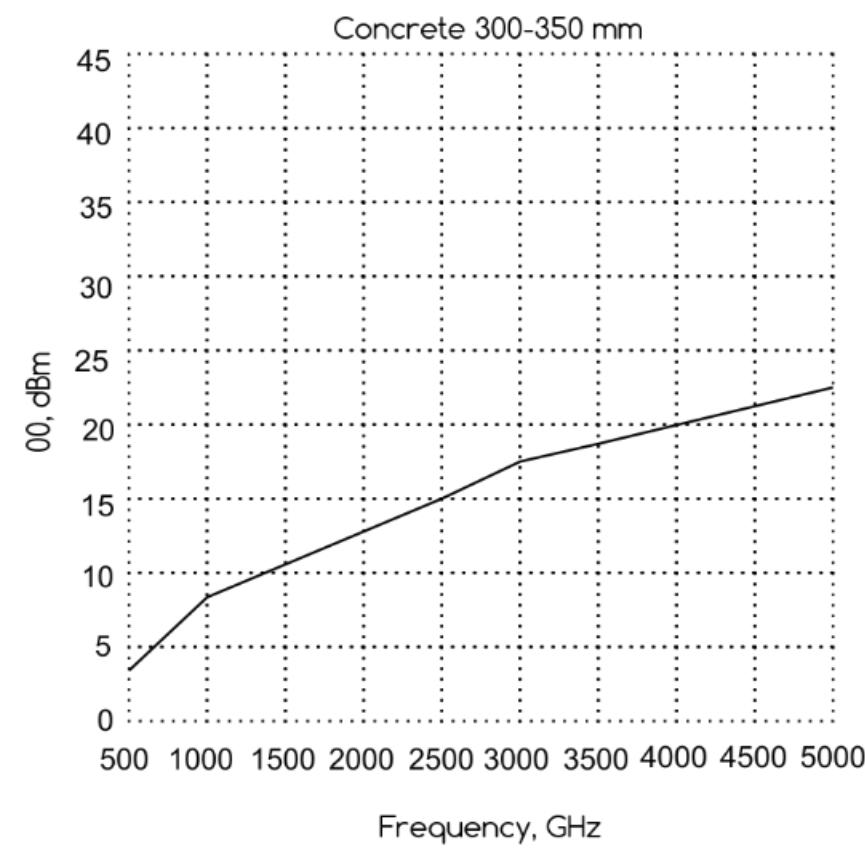
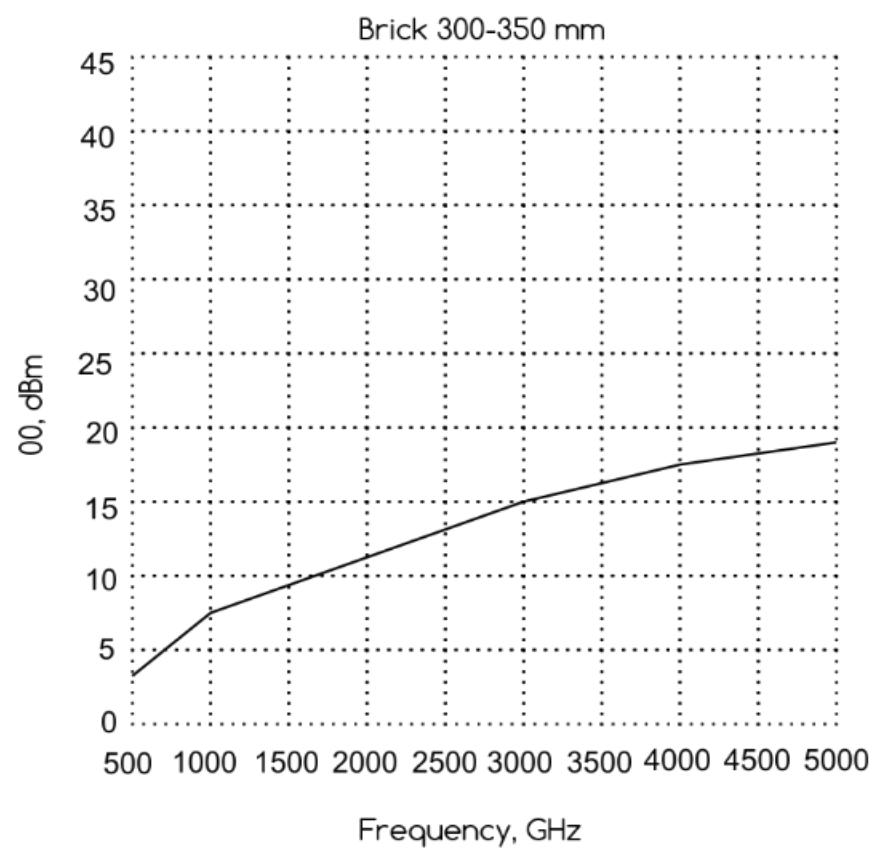
$H_2$  - отраженные радиоволны от динамических объектов за оптически непрозрачными преградами и материалами.

$H_3$  - цифровое значение (сила сигнала, время отклика, пространственные метки) радиоволны до прохождения статических оптически непрозрачных преград и материалов.

$H_4$  - цифровое значение (мощность сигнала, время отклика, пространственные метки) отраженные радиоволны от динамических объектов после прохождения статических оптически непрозрачных преград и материалов.

$X$ - аппаратный элемент позволяющий в комплексе с программно-аппаратными средствами компенсировать эффект затухания радиоволн DEC и выполнить обнуление ZF.

Включение дополнительного аппаратного элемента  $X$  позволяет выявить задержки субнаносекундной длительности на линиях  $L_1$  -  $L_2$ , что дает возможность фильтрации радиоволн, не применяя энергоемкого гигагерцевого оборудования, задействованы допустимые для бытового использования частоты в диапазоне от 2,4 - 5 ГГц с мощностью более 20 dBm, Wi-Fi сигналы OFDM в открытом диапазоне частот ISM и типичные Wi-Fi чипсеты MIMO.

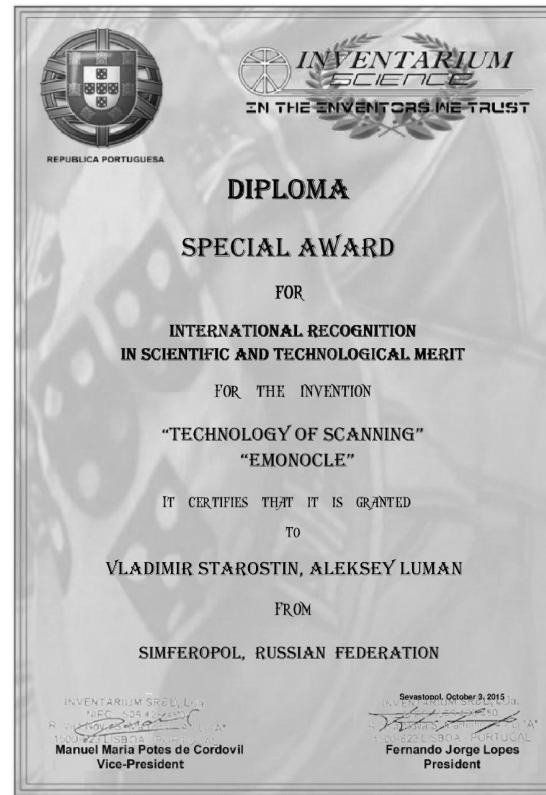


Radio signal attenuation (Brick & Concrete wall)

Одним из ключевых факторов является поглощение радиоволн в строительных конструкциях внутри здания. Этот фактор накладывает ограничение как на дальность радиосвязи, так и на возможный диапазон частот радиосвязи, поскольку практически все среды, включая и строительные материалы, характеризуются монотонно возрастающим с ростом частоты поглощением радиоволн. При проектировании системы необходимо принимать в расчет поглощение радиоволн на выбранной частоте в «типовой» стене здания.

Поглощение радиоволн происходит и в других элементах строительных конструкций (двери, окна, деревянные перегородки), однако на частотах до 10 ГГц ослабление сигнала в них не превышает 1–5 дБ, т.е. существенно меньше, чем в стенах и межэтажных перекрытиях, и если система спроектирована с учетом прохождения сигнала через стену или межэтажное перекрытие, она будет заведомо работоспособна при прохождении радиосигнала через окна и двери.

Две золотые медали и диплом XI Международного салона изобретений и новых технологий "Новое время", за разработку технологии и полученные технические результаты.



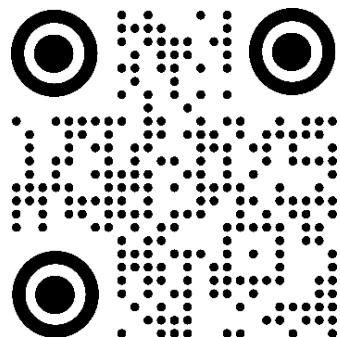
Награды, достижения, конкурсы, экспертизы и рейтинги, а также экспертные обзоры, со схожими мировыми аналогами:  
<https://www.emiia.ru/expertise.html>



Дайджест СМИ: <https://www.emiia.ru/contact.html>

Команда (компетенции и опыт): <https://www.emiia.ru/contact.html>

Бизнес-план и презентация проекта:  
<https://www.emiia.ru/emiia.ai.pdf>



EMIIA.AI

[www.emiia.ai](http://www.emiia.ai) +7 (495) 142-18-83 emiia@emiia.ai