



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ
Факултет за френско обучение по електроинженерство
Училище за докторанти към ФФОЕ
(за нуждите на Факултет за английско инженерно обучение)

Маг. инж. Петя Тихомирова Петкова

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИТЕ ЗА МАШИННО
ОБУЧЕНИЕ ПРИ АНАЛИЗ НА ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА И
BIG DATA В ЕКОСИСТЕМАТА НА СПОДЕЛЕНАТА
ИКОНОМИКА**

(НАИМЕНОВАНИЕ НА ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки
(шифър и наименование)

Професионално направление: 5.3 Комуникационна и компютърна техника
(шифър и наименование на направлението в посочената област)

Научна специалност: Автоматизирани системи за обработка на
информация и управление
(наименование на научната специалност)

**Научен ръководител: проф. д-р инж. Ташо Ташев и доц. д-р инж. Петя
Георгиева**

СОФИЯ, 2019 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Научния съвет на Училище за докторанти при Факултет за френско обучение по електроинженерство (ФФОЕ) на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 18.06.2019 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 14.10.2019г. от 11,00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-53-67 / 28.06.2019 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. доц. д-р Иво Драганов – председател
2. доц. д-р Племен Никовски – научен секретар
3. доц. д-р Петя Георгиева
4. Проф д.т.н. Елена Шойкова - Стоянова
5. доц. д-р Симеон Владов

Рецензенти:

1. доц. д-р Иво Драганов
2. Проф д.т.н. Елена Шойкова - Стоянова

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Факултет за френско обучение по електроинженерство на ТУ-София, блок № 12, кабинет № 12617.

Дисертантът е редовен докторант към Училище за докторанти при Факултет за френско обучение по електроинженерство. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научноизследователски проект.

Автор: маг. инж. Петя Петкова

Заглавие: Изследване на Приложение на Методите за машинно обучение при анализ на Интернет на Нещата и Big Data в екосистемата на споделяната икономика

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД ¹

Актуалност на проблема

Огромният технологичен прогрес и свързаните с него иновации оказват влияние върху политическите, индустриалните, икономическите и културните аспекти на глобалното общество. Темата на докторска дисертация разглежда еволюционния характер на глобалната икономика с акцент върху споделената икономика. Този нов тип икономическа екосистема е информационно базирана, организирана от мрежата и движена от технологиите - Интернет на нещата, Големите данни и Машинното обучение.

Дисертационната работа разглежда прилагането на нов икономически модел на споделената икономика от гледна точка на данните и технологиите, като подробно са разгледани три нива технологии - за създаване на ценни данни, за пренос на данни и за извличане и обработка на данни. Извличането на знания от големи структурирани и неструктурирани масиви данни чрез машинно обучение е изключително важен научен и приложен проблем с много разнообразни аспекти и конкретни приложения в IoT.

Проведени са експериментални изследвания, в които големи информационни масиви се генерират от разнообразни сензори, функциониращи чрез Интернет на нещата. Те са предмет на засилен интерес през последните години, не само на академичните среди, но и в индустрията и частния бизнес, където основните инвестиции и проекти, които се разработват са в тази област.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Настоящия дисертационен труд е изграден върху хипотезата за конвергенция на технологичните иновации – интелигентни системи (интернет на нещата), науката за данните (големите масиви от данни) и изкуствения интелект (машинното обучение) със споделената икономика и тяхното синергично функциониране като база за правилна експлоатация и управление на екосистемата ѝ.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Цел: Теоритични изследвания, анализи и обобщения изразяващи се в проследяване на еволюционната рамка както на икономическите модели, така и технологичното преобразуване. Въз основа на научната продукция са създадени системно развити модели на технологиите и принципите от

¹ Информацията по тази част е с препоръчителен обем 2-3 страници

една стана и взаимовръзките между елементите и процесите на споделената икономика от друга. Приложението на изкуствения интелект (Машинно обучение) в различни области на ежедневието на човек служи за основа на експерименталните изследвания и доказателство на формираната в труда хипотеза.

За постигане целта на дисертационния труд са поставени следните задачи:

1. Преглед, изследване и концептуализиране на икономическите модели и въздействието на новопоявяващите се технологии с общо предназначение, като фактори за цифрова трансформация на Индустрия 4.0 и споделената икономика.

2. Изследване на конвергенцията на бизнес моделите на екосистемата на споделената икономика със интелигентните системи (интернет на нещата), науката за данните (Големи масиви от данни) и изкуствения интелект (машинно обучение).

3. Експериментално изследване и апробация на методите за машинно обучение с реални данни от областите на интелигентен дом и психологията.

Методи на изследването

Проведеното в труда научно изследване е базирано на хипотеза, която е формулирана върху предварителни наблюдения, анализи и изучаване на интердисциплинни научни теории свързани с дефинирането и тестването на хипотеза за синергия между технологичните и социалните иновации, изразяваща се в това, че приложението на изкуствения интелект и по-конкретно методите за машинно обучение са мощен инструмент, с който надеждно се обработват и анализират големите данни, генерирани чрез технологията на Интернет на нещата за постигане на по-ефективно функциониране на екосистемата на споделената икономиката. Хипотезата е дефинирана върху предварителни наблюдения, професионално участие в изследователски проекти, проучване, избор и обработка на достъпна по Интернет информация и други източници за съвременната практика и технологичните решения в тематичната област. В труда са използвани множество актуални източници на информация. Въз основа на анализи и обобщения, изразяващи се в създаването на модели и методики е извършено експериментално изследване и доказателството на формираната хипотеза. Приложенията на методите за машинно обучение са показани чрез разработването на три различни случая. Всички казуси решават класификационни задачи за предсказване, като се използват различни класификатори: Дърво на решения (Decision Tree (DT)), Случайна гора (Random Forest (RF)), К-най-близък съсед (K-Nearest Neighbor (kNN)), Логистична регресия (Logistic Regression (LR)), Поддържаща векторна

машина (Support Vector Machine (SVM)) и главно Изкуствени невронни мрежи (Artificial Neural Network (ANN)).

Научна новост

Научната новост в дисертационния труд е описана подробно в областта на приносите по дисертационния труд. Като новост биха могли да се отнесат следните предложени модели и методологии:

- ✓ обобщен модел на ключовите компоненти на икономиката, проследяващ еволюционното ѝ развитие.
- ✓ обобщен модел на взаимовръзката между принципи и технологии на споделената икономика
- ✓ теоретична рамка на развитие на бизнес модели под влиянието на технологиите при нововъзникващите компании и предприемачи
- ✓ обобщен концептуален модел с три нива на абстракция за компонентите на екосистемата на споделената икономика и взаимодействието между тях
- ✓ методология за оценка на качеството на данни.
- ✓ методология за оценяване на състава на въздуха
- ✓ методология за разпознаване на емоционално състояние на базата на данни от електрокардиограма (ЕКГ)
- ✓ методология за изследване и избор на времеви и простъранствени характеристики при използването на електроенцефалографски сигнали

Практическа приложимост

Направените експериментални изследвания в трета глава на дисертационния труд имат потенциал за практическата им реализация както в условията на умен дом, така и в описаните области на приложение използващи разпознаването на емоциите – мониторинг, медицина, маркетинг, електронно обучение. До момента получените резултати не са внедрявани и прилагани в практиката, но бъдещите насоки са към практическа реализация с възможности за внедряване и постигане на преки приложни резултати.

Апробация

Апробация на резултати от дисертацията е направена при изпълнение на научно-изследователския проект „Концептуално и симулационно Моделиране на Екосистеми за Интернет на Нещата (КоМЕИН)“ 2016 с

финансовата подкрепа на Фонд научни изследвания, МОН, Договор № ДН 02/1.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 8 научни статии, от които една самостоятелна и 7 в съавторство. Една от статиите е публикувана в научно списание, индексирано в Scopus, 2 статии са докладвани на международни конференции и са публикувани в съответните сборници с трудове и пет публикации, представени на национални научни конференции с международно участие.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от 170 страници, като включва увод, 3 глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 170 литературни източници, като всичко са на латиница, а 23 са интернет адреси. Работата включва общо 83 фигури и 20 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. ЕВОЛЮЦИЯ НА ИКОНОМИКАТА

1.1 Цел и задачи

Преглед, изследване и концептуализиране на икономическите модели и въздействието на новопоявяващите се технологии с общо предназначение, като фактори за цифрова трансформация на Индустрия 4.0 и споделената икономика.

Въз основа на изследванията и анализите са създадени два концептуални модела:

- Еволюционен модел на ключовите компоненти на икономиката в етапите на развитие на обществото (Фигура 1.4).
- Модел на взаимовръзката между принципите и технологиите на споделената икономика (Фигура 1.3).

1.2 Обзор на главата

Направеният преглед и анализа на промяна на икономическите модели през вековете показва промяна в нагласата за оползотворяване на ресурсите. Достъпността и възможността за споделянето им е по-ценен фактор от упражняване на собствеността им.

В тази глава разглеждаме икономическата епоха в три различни перспективи или как обществото управлява, движи и захранва своите икономически дейности. Това позволява разграничаването на три основни компонента в икономическия модел: организационен компонент - съответстващ на управленската структура и дейности на икономиката, технологии с общо предназначение – осигуряващи движението на икономическите дейности и икономическите компоненти - представляващи ресурсното захранване на икономиката. Еволюционния модел (фиг.1.4) показва цифровата трансформация и навлизането на новите технологии в човешкия живот и преобразуването на икономиката в информационна. Интензитета на употребата им налага споделянето на ресурсите и тяхната повтаряема употреба. Тези процеси се регулират чрез взаимовръзките на технологиите (екосистема на Интернет на Нещата, големи масиви от данни и платформите на Интернет на Нещата) и принципите (стойност, доверие и репутация) на споделената икономика, представени на фигура 1.3.

Цифровата трансформация е факт въз основа на еволюцията на информационните и комуникационните технологии, улеснена от

взаимосвързаността на безжичните мрежи. Цифровата трансформация не е просто обхващане на нови технологии; тя се задълбочава и се занимава с промяна в начина на мислене в организационното поведение и култура. Организациите трябва да отговорят на бързо променящите се бизнес сценарии, динамичните бизнес изисквания и да въведат нови начини и бързо да се адаптират към новите предизвикателни провокации.

Икономиката на споделяне е социално-икономическа система, изградена върху споделянето на човешки и физически ресурси. Споделянето в условията на споделената икономика не означава, че то е безплатно. Тук се говори за достъп до споделени ресурси. Това е хибридна икономика с различни условия на обмен на стойност - наемане, отпускане на земя, сътрудничество, съвместно създаване, сътрудничество. Всички тези термини се отнасят до различен тип споделяне. Икономиката на споделянето свързва неоползотворените, свободни ресурси с нуждата от тях.

Три са основните принципа, въз основа на които икономиката на споделянето изгражда своя модел, а също така биха могли да се нарекат и ключови характеристики. Те са доверие, репутация и добавена стойност.

Доверие

Огромното развитие на информационните и комуникационните технологии дава възможност да се изследват, проверяват, да се опитват предварително и да се вземат информирани решения кой да се доверява, на базата на репутацията и рецензираните от тях мнения, които не разчитат основно на вътрешните инстинкти. Има три стъпки за изграждане на доверие в непознати и започване на споделяне:

- Доверете се на себе си, и своите инстинкти
- Правете изследвания
- Проверете самоличността

Репутация

По отношение на сътрудничеството между двама души се разчита основно на доверието и желанието да се споделят общи активи, репутацията или изграждането на Доверие от предоставяните услуги и отношението на доставчика на услуги изглежда е основният елемент на икономическия модел, като споделянето.

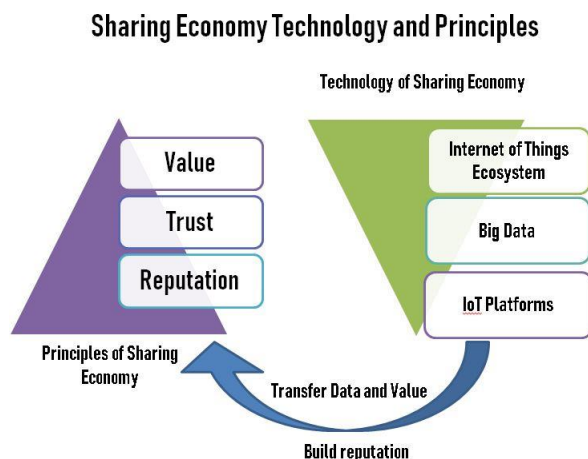
Изграждането на добра репутация застъпва механизма за саморегулиране на качеството на предлаганите продукти или услуги, включени в пазарната капитализация. Системата за партньорски проверки, която е обичайна и за двете страни, е важна функция за компаниите, работещи в рамките на

икономиката на споделянето, тъй като тя действа като форма на саморегулиране, осигуряваща отчетност в рамките на системата както за работниците, така и за потребителите (Salman Dostmohammad, Jude Long, 2015).

Създаването на добавена стойност

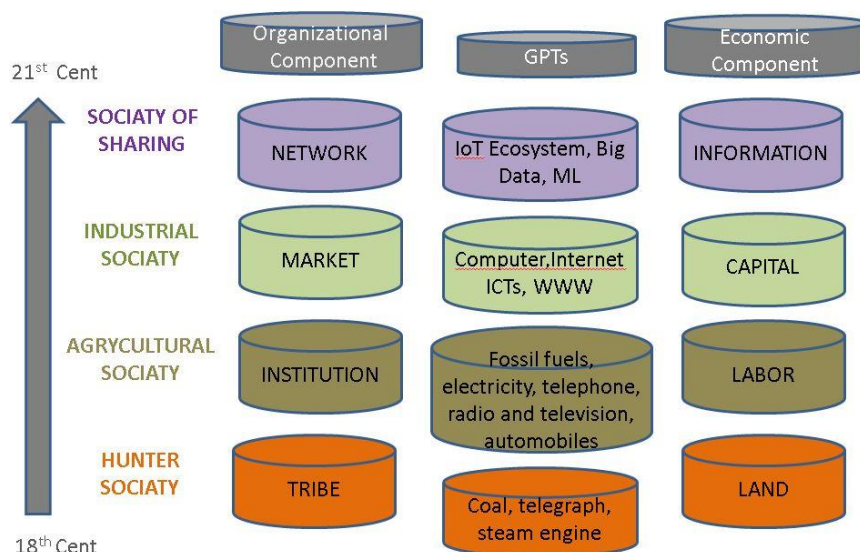
Икономиката на споделяне създава стойност чрез своите дейности. Изброените по-долу начини са някои от примерите как споделянето създава стойност:

- Като дава възможност на хората да използват чужди автомобили, кухни, апартаменти и друго имущество, тя също така позволява по-ниско използваните активи или „мъртъв капитал“ да бъдат използвани по-продуктивно;
- Чрез обединяване на множество купувачи и продавачи, това прави както страните на предлагането, така и търсенето на пазарите по-конкурентоспособни и позволява по-голяма специализация.
- Чрез намаляване на разходите за намиране на желаещи търговци, преодоляване на условията и наблюдение на изпълнението, то намалява разходите за транзакции и разширява обхвата на търговията.
- Чрез обобщаване на прегледите към предишни потребители и производители и поставянето им на пръстови отпечатъци на нови участници на пазара, това може значително да намали проблема с асиметричната информация между производителите и потребителите;
- Като предлага „краен етап“ около регулаторните органи, които са заловени от съществуващи производители, той позволява на доставчиците да създават стойност за клиентите, които са незаслужени от онези, които са станали неефективни и неотзивчиви поради тяхната регулаторна защита (Кристофър Купман, Матю Майтек и Адам Thierer, 2015).



Фиг. 1.3 Взаимовръзки между принципи и технологии на споделяната икономика

EVOLUTION OF ECONOMY



Фиг. 1.4 Еволюция на ключовите компоненти на икономиката през вековете.

Литературния прегледът направен в глава 1 на този труд показва икономически промени през вековете, и представя изменението на основния начин на мислене, като възможността за достъп до ресурсите, е по-ценна от това да се притежават. В тази глава разглежданата икономическата епоха е в три различни перспективи, или как обществото управлява, движи и захранва своите икономически дейности. Освен това се разграничават два компонента на икономическия модел: организационен компонент - съответстващ на управленската структура и дейностите на икономиката и икономическите компоненти - представляващи захранването на ресурсите на икономиката. Преминавайки през социалната еволюция заедно със съответната икономическа, се вижда и еволюцията на двата компонента на различни икономически модели.

Организационният компонент се развива от племена в ловните общества чрез институции в селскостопанската революция, обхванати от световния пазар в епохата на индустриализацията. Икономическият компонент на икономиката на ловеца е земята. Във времето на аграрното общество трудът е движещият ресурс, а индустриалният е разпознаваем с капитала, произведен от труда. И двата компонента са свързани, така че икономическите модели в различните епохи да бъдат задвижвани и печеливши за световната икономика.

Когато става дума за икономическия модел на споделяната икономика, източникът на енергия е информацията, а нейният организационен елемент са мрежите, който в противоречия на институциите става все по-децентрализиран всеки ден. Тези структурни елементи на новата икономическа парадигма на споделяне дават възможност да се придаде

стойност чрез съвместен, кооперативен, съ-творчески начин. Ако в предишните три икономики – на ловците, селскостопанска и индустриална - недостигът е добавял стойност, в икономиката на споделянето, партньорските дейности, съвместното потребление и ресурсите с отворен код са в основата на добавената стойност. Проведените проучвания са база за моделиране и по-задълбочен анализ на сближаването между нововъзникващите технологии и екосистемата на икономиката на споделяне, която е предмет на изследване на следващите глави в дисертационния труд.

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЯ НА СПОДЕЛЕНАТА ИКОНОМИКА

Цел и задачи

Изследване на конвергенцията на бизнес моделите на екосистемата на споделената икономика със интелигентните системи (интернет на нещата), науката за данните (Големи масиви от данни) и изкуствения интелект (машинно обучение). Въз основа на това е предложен системно-развит обобщаващ концептуален модел с три нива на абстракция (създаване на стойност, трансфер на данни и обработка на данни) за компонентите на екосистемата на споделената икономика и взаимодействието между тях (фиг. 2.30).

1. Развитието на бизнес моделите под влияние на технологиите на интернет на нещата.
2. Изследване на платформите за интернет на нещата като среда за събиране, съхранение и пренасяне на данни.
3. Изследване на концептуалната основа на машинното обучение като подход за обработка на големи масиви от данни събрани в екосистемата на Интернет на нещата.

2.2 Обзор на главата

Конвергенцията е изследвана чрез литературни източници в три области от екосистемата на споделената икономика, от технологична перспективата с основна единица на информацията – данните.

Като технологии за създаване на стойност от данните са анализирани бизнес моделите основани на Интернет на Нещата и е проследено тяхното развитие. Представители на бизнес моделите са нововъзникващите предприятия и предприемачите поради високотехнологичната им същност са предпочитани от големите корпорации и придобиването им се явява като основен източник на финансиране. Анализът на придобити и нововъзникващи компании показва 4 налагащи се бизнес модели основани на наука за данните и изкуствения интелект.

Втората технологична област – технологии за пренос на данните, прави обзор на платформите на интернет на нещата, разглеждайки ги

архитектурно и от гледна точка на функционалните характеристики. Тук платформите за Интернет на нещата са разгледани като задвижващ елемент на бизнесмоделите на споделената икономика използвани от нововъзникващите компании и предприемачеството.

В третата област се разглежда технологиите, чрез които се добиват и обработват данните от екосистемата на споделената икономика. В тази изследователска област детайлно се разглежда екосистемата на интернет на нещата с нейните архитектура, концептуален модел и области на приложение. На големите масиви от данни, като хранителен ресурс и продукт от екосистемата на Интернет на Нещата, са изследвани дефиницията, характеристиките им, архитектурата на процесите за управление и обработка на данните – моделите за управление в облака, техники за анализа на данни и моделите за програмиране. Като основен метод за анализ на данните от екосистемата на интернет на нещата е избран анализа за прогнозиране в частност – машинното обучение. Детайлният обзор в глава 2 разглежда машинното обучение, неговата същност, принципи, задачи и техники, както и областите му на приложение.

2.2.1. Технологии за създаване на стойност от данните – новите бизнес модели на споделената икономика

Бизнес моделът е описание на стойността, която една компания предлага на един или няколко сегмента клиенти и на архитектурата на фирмата и нейната мрежа от партньори за създаването, маркетинга и предоставянето на тази стойност и капитал на отношенията, за генериране на рентабилни и устойчиви потоци на приходите (A. Osterwalder, Y. Pigneur и CL Tucci, 2005). Бизнес моделът на екосистемата е бизнес модел, съставен от стълбове на стойности, закрепени в екосистемите, и се фокусира както върху метода на фирмата за създаване и улавяне на стойност, така и върху всяка част от метода на екосистемата за създаване и улавяне на стойността (M. Westerlund, S. Leminen, и M. Rajahonka, 2014). Еволюцията от гледна точка на бизнес Интернет на Нещата се движи от две основни тенденции: 1) Фокусиране на промяната на IoT от технологична платформа към бизнес екосистема. 2) Преминаване от бизнес модела на фирмата към проектиране на бизнес модел на екосистемата.

Представената таблица 2.1. по-долу е създадена въз основа на изследването, направено върху бизнес моделите използвани при придобиването на стартиращите компании и от новосъздадените стартиращи компании. Тя показва, че стартиращите фирми в IoT домейна използват Big Data, Machine learning и Artificial Intelligence като основна технология и комбинации от бизнес модели. Pay Per Use, Leverage

Customer Data, Mass Customization, Form Push to Pull и More of It са най-често срещаните.

Table 2.1. Технологии и бизнес модели на стартиращите компании в сектора на Интернет на Нещата

No	IoT Start-up name	Technology	Business model
1	Jasper Technologies	Cloud platform M2M	Pay Per Use, Leverage Customer Data, User Designed, From Push to Pull
2	Bit Stew Systems	Artificial Intelligence	Mass Customization, Pay Per Use, Leverage Customer Data, Self-Service, User Designed
3	Wise.io	Machine Learning	Pay Per Use, Mass Customization, Make More of It
4	MetaMind,	Artificial Intelligence	Leverage Customer Data, User Designed, From Push to Pull, Two-Sided Market
5	Lattice Data	Data Analytics	Pay Per Use, Mass Customization, Leverage Customer Data
6	Emotient	Artificial Intelligence	e-Commerce, From Push to Pull, Leverage Customer Data, Mass Customization
7	Itseez	Computer Vision	Mass Customization, e-Commerce, Direct Selling, From Push to Pull
8	Zipline	Drones	Cash machine, Direct Selling, Cross-Selling, User Designed, Affiliation
9	Influx Data	Big data	Leverage Customer Data, From Push to Pull, Pay Per Use, e-Commerce
10	Cask	Big data/ machine learning	e-Commerce, Leverage Customer Data, Pay Per Use, Mass Customization, Make More of It
11	IOTAS	Smart home / web connectivity	Leverage Customer Data, Mass Customization, User Designed, Pay Per Use, e-Commerce, Affiliation
12	EVERYTHNG	Web connectivity	Leverage Customer Data, Long Tail, Affiliation, Pay Per Use, Two-Sided Market, Make More of It
13	BluFlux	Antennas	Cash machine, e-Commerce, user designed, Affiliation, Make More of It
14	Pavegen	Big data real time analytics	Cash machine, e-Commerce, long tail, Make More of It, User Designed, Mass Customization, Affiliation,

2.2.2. Технологии за пренос на данни – Платформите

Като основна технология за пренос на данни в дисертационния труд са разгледани технологичните платформи като основна движеща сила на модела на споделената икономика където всяко едно действие на сътрудничество, функциониране и управление, може да бъде ръководено едновременно.



Фиг. 2.9 Елементи, използвани в основните области на IoT платформи

Разгледани са функционалните елементи и характеристики на платформите за Интернет на Нещата при преноса на данни.

Платформата на Интернет на Нещата е многослойна технология, която позволява лесно предоставяне, управление и автоматизация на свързани устройства в рамките на интернет на нещата. Тя основно свързва хардуера, колкото и да е разнообразен, с облака, като използва гъвкави възможности за свързване, корпоративни механизми за сигурност и широки възможности за обработка на данни.

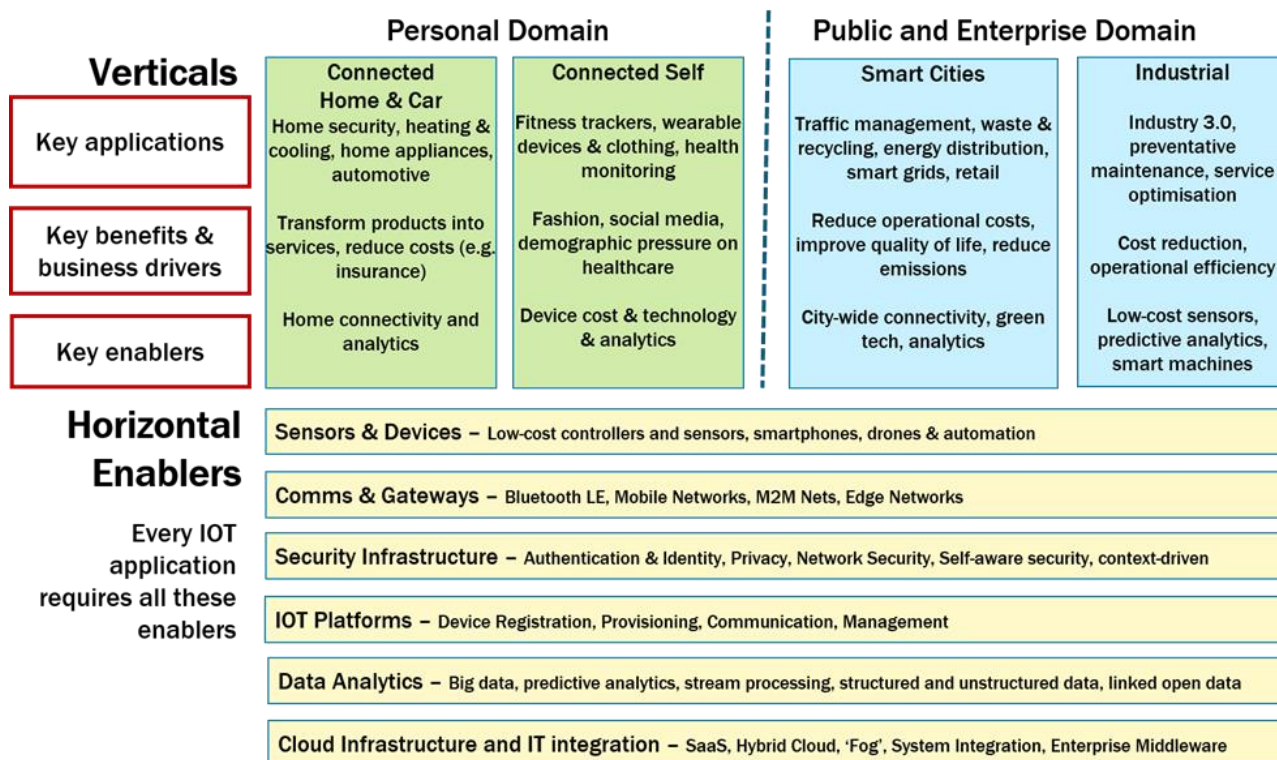
На фиг. 2.9. е представена класификационна рамка на технологичните възможности необходими за свързване на нещата, операциите, активите и бизнеса.

2.2.3. Технологии за извличане и обработка на данните

Технологиите за извличане и обработка на данните са разгледани на три нива – екосистемата на Интернет на Нещата, Големите масиви от данни и алгоритмите за машинно обучение.

Вниманието от екосистемата на Интернет на Нещата е поставено върху трите основни области на приложение (индустриална, умен град и здравето) и разделението на екосистемата на база концептуалния модел на

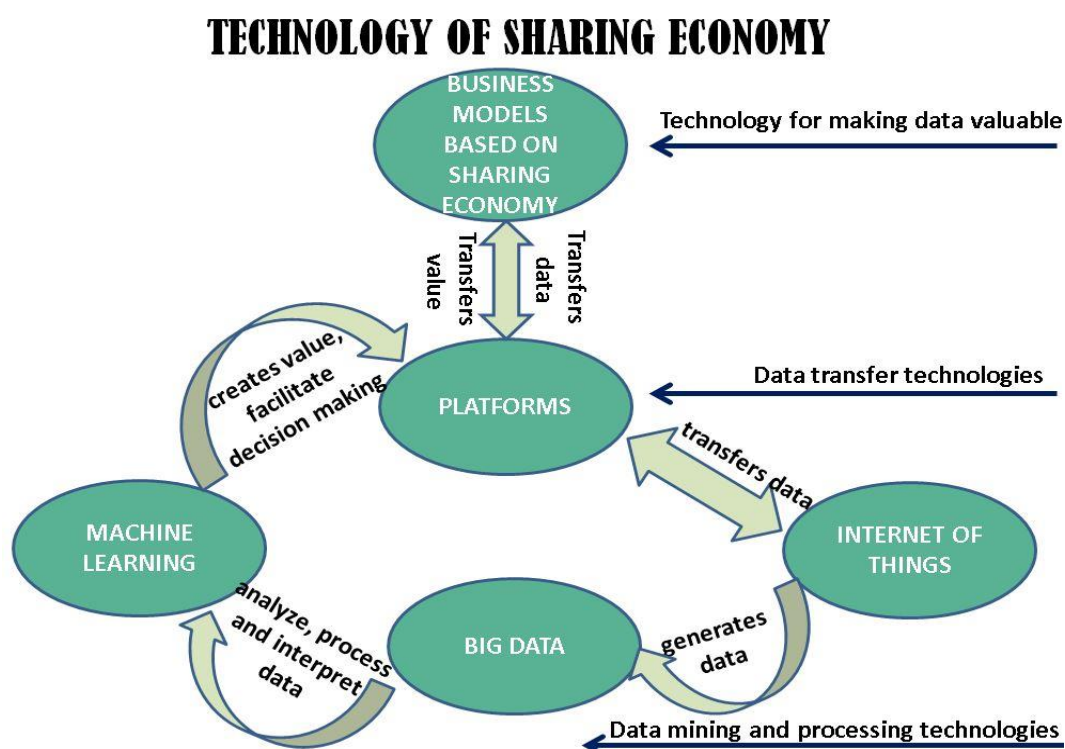
Симон Фабри (фиг. 2.12). Чрез него екосистемата е разделена на индустриални вертикали и хоризонтални фактори. Това означава, че по същество има два вида играчи в тази област: онези компании, които предоставят технология, услуги, инфраструктура и други възможности, за да позволят на една компания да създаде „интелигентен“ опит; и нови или утвърдени компании, които използват тези фактори за създаване на нови продукти или подобряват по някакъв начин съществуващи продукти или операции.



Фигура 2.12 Модел на индустрията на интернет на нещата (с) Simon Fabri 2015
 На Големите масиви от данни са разгледани различните определения дадени от технологичните гиганти в бизнеса, техните структурни и качествени характеристики, технологичния им процес на обработка, който трансформира необработените данни във стойност и техниките им за анализ. Като една от техниките за анализ в детайли е разгледано машинното обучение, видовете задачи и техники които използва, както и областите му на приложение.

В парадигмата на споделената икономика има три нива на абстракция за изграждане на технологиите в нейното множество. В основата ѝ са технологиите, които генерират, събират, извличат, обработват, анализират и интерпретират основните движещи ресурси на икономиката - данни. Второто ниво представлява технологии за пренос на данни - всички интернет платформи и свързани с тях вариации и услуги. Технологиите от второ ниво не само прехвърлят данни двупосочно към първо, но и към

третото, най-високото ниво в структурата - технологиите за създаване на стойност, където не само данните, но и стойността се прехвърлят. В третото технологично ниво - технологиите за създаване на стойност от данните, генерирана чрез платформите, се приема и прилага така, че да обслужва всички области на икономиката чрез иновативни бизнес модели, включващи всички предимства на нововъзникващите технологии и правейки икономическия процес децентрализиран, прозрачен и надежден. На фигура 2.30 са представени технологиите във всяко от трите нива на абстракция, със съответните връзки както между елементите в един слой, така и между слоевете.



Фиг. 2.30 Елементи и връзки на системно-развития технологичен модел на споделената икономика

На база този избор като инструмент за анализ на данни са проведени експерименталните изследвания в глава 3 от дисертационния труд.

ГЛАВА 3. ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИТЕ ЗА МАШИННО ОБУЧЕНИЕ ПРИ АНАЛИЗА НА ДАННИ – ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

3.1 Цел и задачи

Целта на тази глава е експериментално изследване и апробация на методите за машинно обучение с реални данни от областите на интелигентен дом и психологията.

За илюстрация на възможностите и приложимостта на методите на машинно обучение са разработени следните три експериментални изследване:

1. Анализ на данни за проследяване качеството на въздуха в дома
2. Разпознаване на емоция, чрез сигнали от електрокардиограма
3. Използване на факторен анализ за намирането на инварианти невронни описания на човешките емоции.

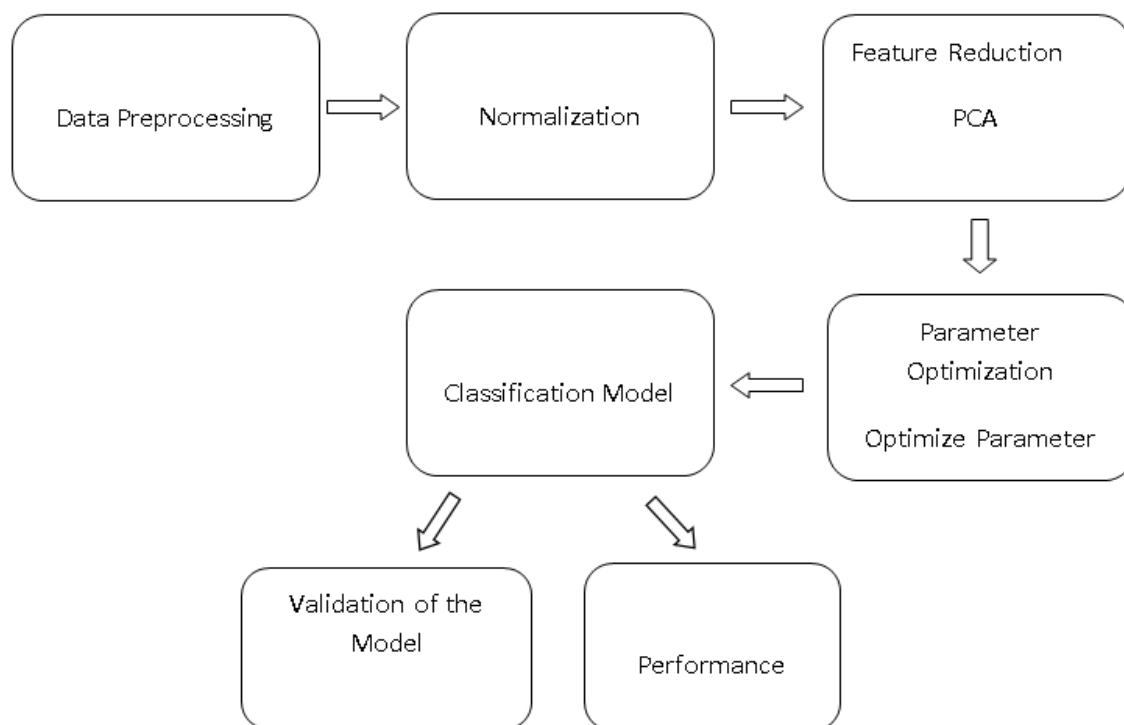
3.2 Обзор на главата

Глава 3 представлява три експериментални изследвания на методите за машинно обучение, две от които използващи биологични сигнали – от сърцето и от мозъка. Третото изследване е от областа на „умен град“ и по специално „умен дом“. И в трите изследвания са приложени методи за машинно обучение с цел решаване на задача за класификация, с цел предвиждане на резултата. Приложен е сравнителен анализ на различни модели за класификация, като и във трите изследвания значимостта е поставена, не толкова върху построяването на модела, колкото върху начина на извличане на характеристики от данните. Общото между трите експеримента е прилагането на разновидност на невронна мрежа, като очаквано нейния модел проявява най-голяма точност при разпознаването на резултата.

3.3.1 Анализ на данни за проследяване качеството на въздуха в дома

Експерименталното изследване е проведено с данни налични в интернет в платформата за данни UCI Machine Learning Repository (Gas sensors for home activity monitoring набор от данни). Предлагат се модели за анализ на данни за мониторинг на качеството на въздуха, подходящи за малки закрити пространства като частни къщи. Моделите се базират на алгоритми за машинно обучение (дълбоки невронни мрежи) и се демонстрират с реални данни. Задачата е да се открият газовите промени, дължащи се на различни домашни дейности, базирани на измервания на десет сензора (осем MOX газови сензора, сензори за температура и влажност). Предложените модели за анализ на данни се различават по отношение на броя на сензорите като входове и времевата дължина на

показанията на сензорите. Целта е да се изгради надежден модел за газова дискриминация, базиран само на къси времеви измервания на сензори за температура и влажност. За изграждането и внедряването на модел на машинно обучение е използван софтуер с отворен код. Rapid Miner Studio 7.0. На фигура 3.1.1 е показана диаграмата на модела за машинно обучение, който е предложен.



Фигура 3.1.1. Схема на работния процес на модела на машинно обучение

На база на горепосочената диаграма и създаден масив от данни в следствие на предварителната обработка (таблица 3.1.1) са изследвани две хипотези на модели за машинно обучение – Дълбока Невронна мрежа (Deep Neural Network NN) и Невронна Мрежа (Neural Network NN), чиито алгоритми са представени в таблици 3.1.2 и 3.1.3

Таблица 3.1.1 Записи от сензорите

Exper.	T (temp.)	H (humidity)	MOX sensor R1		MOX sensor R8
day1	Tt1, Tt2.....Tt32	Ht1, Ht2.....Ht32	R1t1, R1t2.....R1t32		R8t1, R8t2.....R8t32
.....	Tt1, Tt2.....Tt32	Ht1, Ht2.....Ht32	R1t1, R1t2.....R1t32		R8t1, R8t2.....R8t32
day99	Tt1, Tt2.....Tt32	Ht1, Ht2.....Ht32	R1t1, R1t2.....R1t32		R8t1, R8t2.....R8t32

Таблица 3.1.2 Алгоритъм на DNN

1. Load dataset (Retrieved operator) 2. Fit the data into range (0,1] (Normalize operator) 3. Feature space reduction by PCA operator (results in Table) Iterate 4. Model parameter optimization (grid-based Optimize Operator) Optimization of the cost regularization parameters in ten steps sampled from a linear scale range of [0.1 0.99], (Table 5). 5. Cross Validation operator (10 folds default value) 4.1 Deep NN with two hidden layers – L1 (300 units) and L2 (100 units) 4.2. Performance operator (cross validation test based on model accuracy)
--

Таблица 3.1.3 Алгоритъм на NN

1. Load dataset (Retrieved operator) 2. Fit the data into range (0,1] (Normalize operator) 3. Feature space reduction by PCA operator (results in Table) Iterate 4. Model parameter optimization (grid-based Optimize Operator) Optimization of cost function parameters (learning rate and momentum) in ten steps sampled from a linear scale range of [0.1 0.99] , (Table 5). 5. Cross Validation operator (10 folds default value) 5.1 NN with one hidden layer (9 units) 5.2. Performance operator (cross validation test based on model accuracy)
--

Резултатите от направените изследвания показват, че моделът на дълбока невронна мрежа (DNN) осигурява значително по-добра точност на класификация (69.67%) въз основа на записи на два сензора (Hum & Temp), отколкото комбинация от MOX сензори (55.44%) или пълен набор от монтирани сензори MOX & Hum & Temp (55.89%). Моделът на NN е по-малко чувствителен към броя на сензорите, но сценарият на сензора (Hum & Temp) превъзхожда леко другите алтернативи. Таблица 3.1.6 предоставя резултати за точността на двата модела при трите набори от данни.

Таблица 3.1.6. Точност(%)

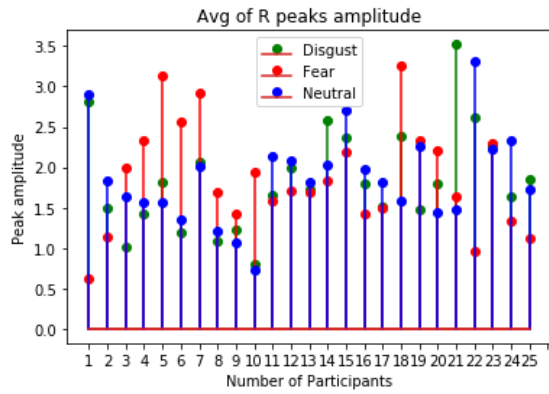
Sensors	Neural Net	Deep NN Learning
Hum & Tem	69.78	69.67
MOX Sensors	68.78	55.44
H & T & MOX	65.67	55.89

Сензорите Hum & Temp изглеждат обещаваща алтернатива на скъпите решения проследяване качеството на въздуха в помещенията, осигурени с интелигентни инструменти за моделиране на данни. Вариациите на състава на въздуха, дължащи се на два различни стимула, са кодирани в тривиални показания на сензори за температура и влажност и могат да бъдат разграничени чрез дълбоко нелинейния модел на обучение.

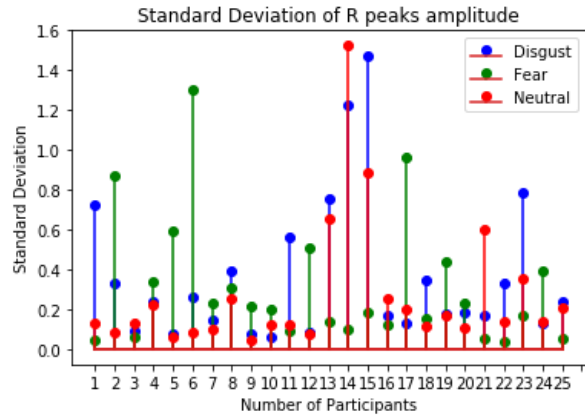
3.3.2 Разпознаване на емоция, чрез сигнали от електрокардиограма

В това експериментално изследване са разгледани основните методи за извличане на характеристики от сигнали от електрокардиограма, както и областите им на приложение. Проведен е експеримент в който са участвали 25 доброволци от Университета на Авейро, Португалия, чиито сигнали на сърцето са били записани по време на гледане на три различни филма, предизвикващи емоции – гняв, отвръщение и неутрална емоция. Снетите сигнали са общо 75 за всички участници и са предоставени от департамента по Психология в Университета на Авейро.

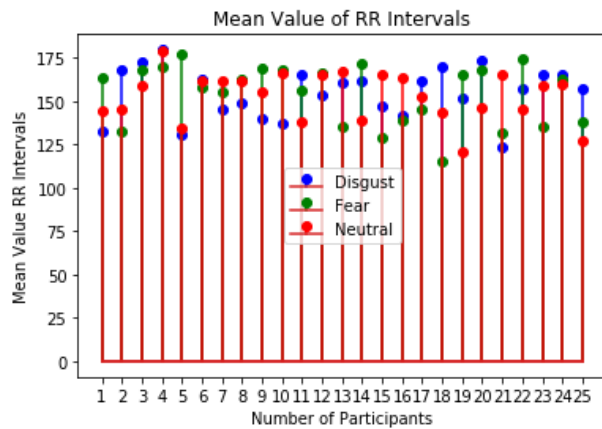
Целта на изследването е да се разграничат всяка от трите емоции използвайки алгоритми за машинно обучение при решаването на класификационен проблем. Преди да се пристъпи към създаването на моделите за машинно обучение, данните преминават предварителна обработка, чрез която се намалява честотата на сигнала и се извличат основните характеристики от сигнала като върха на R вълната от основния удар на сърцето (QRS комплекса) и разстоянието между два съседни върха на R вълни. В основа на тази предварителна обработка на сигнала са извлечени общо 8 характеристики, които изграждат основния масив от данни използван при моделиране на машинното обучение (фигури от 3.2.8 „Средна амплитуда на пиковете на R за 25 участници в 3 емоционални състояния“; 3.2.9 „Стандартно отклонение на амплитудата на пиковете на R за 25 участника в 3 емоционални състояния“ ; 3.2.10 „Средна стойност на RR интервали за 25 участници в 3 емоционални състояния“; 3.2.11 „Beats per Minute за 25 участници в 3 емоционални състояния“; 2.3.12 „Средна стойност на абсолютната разлика за 25 участници в 3 емоционални състояния“; 3.2.13 „Средна стойност на квадратен корен на абсолютната разлика на RR интервалите за 25 участници в 3 емоционални състояния“; 3.2.14 „Стандартно отклонение на RR интервалите за 25 участници за 3 емоционални състояния“; 3.2.15 „Стандартно отклонение на абсолютната разлика на RR интервалите за 25-те участника за 3 емоционални състояния“).



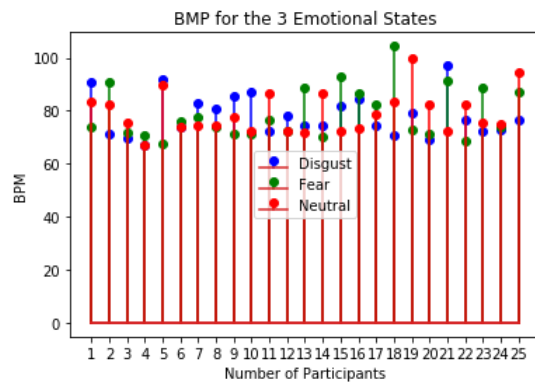
Фигура 3.2.8



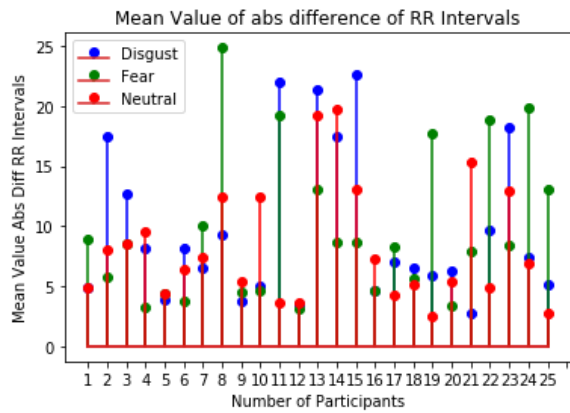
Фигура 3.2.9



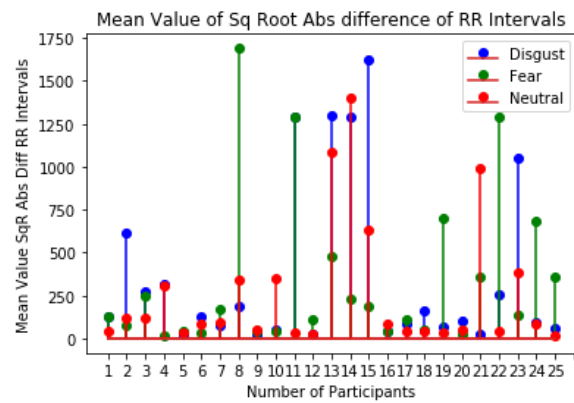
Фигура 3.2.10



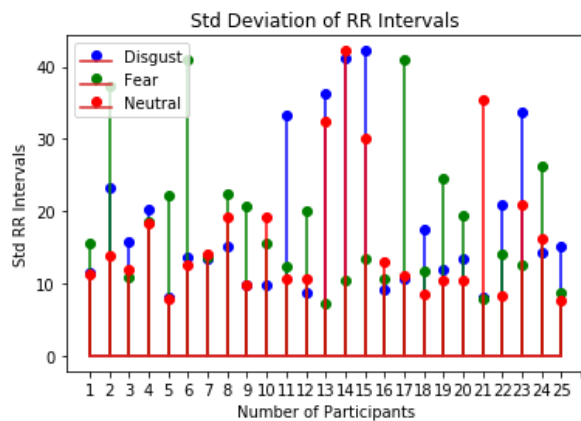
Фигура 3.2.11



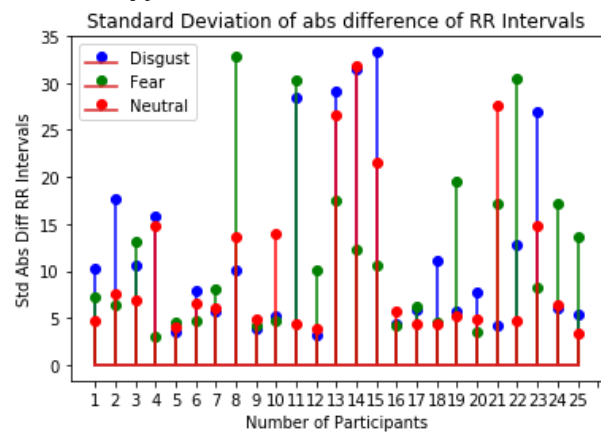
Фигура 3.2.12



Фигура 3.2.13



Фигура 3.2.14



Фигура 3.2.15

Тези характеристики са използвани за създаването на основния масив от данни, върху който са приложени два подхода.

В първия подход са използвани три класификатора ((Дърво на решенията, k-най-близък съсед и Изкуствена невронна мрежа), за да се разграничат трите емоционални състояния на участник без конкретни познания за дадения човек. Най-високата степен на разпознаване е постигната чрез Изкуствената невронна мрежа (68.33%), особено когато е добавен втори скрит слой (80%). Класификаторите от дърво на решенията и k-NN показват сходни резултати с точност около 40%, но показателите за оценка на производителността на моделите - точност, специфичност и припомняне свидетелстват, че отвлъчването е с най-висока степен на разпознаване сред емоционалните състояния за двата модела на дискриминация.

Вторият прилага възможностите на логистична регресия за решаване на класификационен проблем и изкуствената невронна мрежа, в сравнение с логистичната регресия като разделя сигнала на 3 отделни части и така се разбира, че всъщност само две от тях са носители на важната информация: началото на видеото - първите 5 минути и средната част на видеото - следващите 15 минути. Обобщавайки двата подхода, е видно, че Изкуствената невронна мрежа дава най-добри резултати с нормализирани данни в двата подхода.

3.3.3. Използване на факторен анализ за намирането на инварианти невронни описания на човешките емоции.

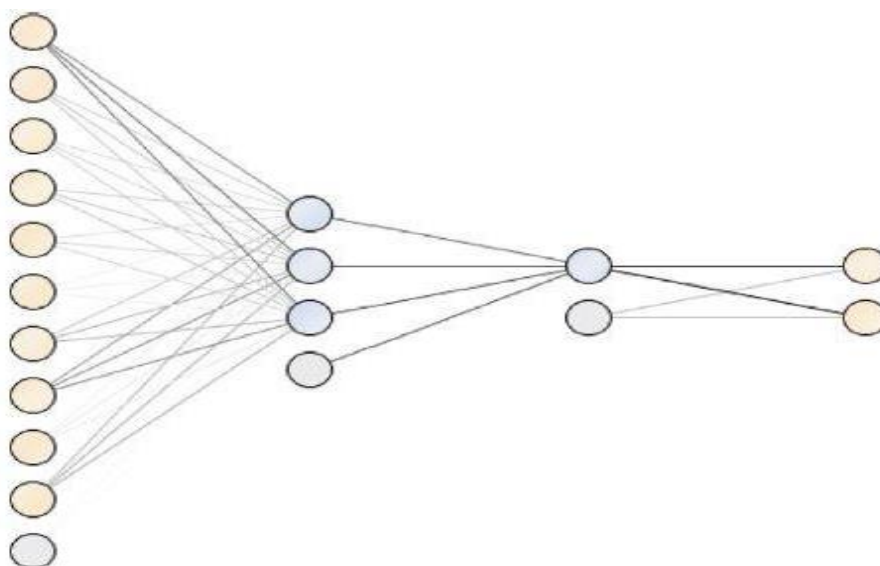
Целта на изследването е да се предложи нов пространствено-времеви набор от характеристики с ясна физическа основа, т.е. локални амплитуди и техните латентности (време на възникване) над избрани ЕЕГ електроди. Също така за първи път се предлага, факторният анализ (FA) в компютърното разпознаване на емоциите като алтернативен метод за извличане на най-важните компоненти на набора от функции. За разлика от широко използвания PCA, FA запазва връзката между факторите и набора от характеристики и следователно заключенията се тълкуват по-лесно от психолозите и неврофизиолозите.

За основен източник на данни за това изследване са използвани сигналите на мозъка, снети чрез електроенцефелограма (ЕЕГ). Участвалите в изследването доброволци са 26 жени от Университета на Авейро, Португалия, на които са били показани 24 изображения с високо ниво на въздействие с положително или отрицателно съдържание от Международната система за афективна картина ("International Affective Picture System data"). Всяко изображение е показано по три пъти в разбъркан ред и изложението му е продължавало 3500ms. От създадените ЕЕГ сигнали са извлечени 12 елемента (amp1, amp2, amp3, amp4, amp5,

amp6, латентност1, латентност2, латентност3, латентност4, латентност5 и латентност6) от 21 канала на записани потенциали свързани със събитието, позиционирани съгласно системата 10–12 и 2 канала EOG са взети проби на 1000 Hz. Открити са максималните и минималните стойности на средните сигнали на ансамбъла, изчислени и филтрирани с нулева фазова филтрираща схема, като характеристиките съответстват на времевите и амплитудните характеристики на първите три минимума и максимума, възникващи след $T = 0$ (Л. Божков, П. Копринкова-Христова и П. Георгиева, 2016). Матрицата на началните данни се състои от 252 (12) 21) колони от характеристики и 52 (2 * 26) реда от примери. Примерите съответстват на осреднените данни за всеки участник. Класът на примерите се определя от положителното (1) или отрицателното (0) съдържание на представеното изображение.

Поради големия брой на характеристиките, в съответствие с примерите са приложени 7 техники на инвариантно извличане и избор на характеристики (*Echo State Networks, Interval Feature Extraction, Independent Component Analysis, Graded Probabilistic Clustering, Optimal Feature Selection, Principal Component Analysis, Factor Analysis*). Избрани са типични модели на дискриминация - Невронна мрежа (NN), Случайна гора (RF), Поддържаща векторна машина (SVM) и К-Най-близки съседи (kNN). Този избор отразява фокуса на настоящото изследване при намирането на подходящи неврални дескриптори в зависимост от характеристиките на класификатора. Данните бяха разделени на подгрупа за обучение и валидиране (76%) и подгрупа за тестване (24%). k-кратно кръстосано валидиране (CV) беше използвано с $k = 26$. При всяка итерация на CV, 25 участници са използвани за обучение и един субект (нейните положителни и отрицателни валентни показания) е използван за валидиране. Първо, е извършено откриване на емоции на базата на всичките 252 характеристики и след това техниките за избор на характеристики, са приложени преди откриването на емоции. Оптималната структура и хиперпараметрите на класификаторите са избрани след търсене в k-кратното кръстосано валидиране (CV), както е описано:

- (i) Напълно свързана NN с два скрити слоя: първият с 3 неврона и вторият слой с един неврон (фигура 3.3.2).
- (ii) Скоростта на обучение е оптимизирана в диапазона от [0.01 до 1.0], като оптималната стойност е равна на 0.3.
- (iii) Инерцията беше оптимизирана в интервала от [0.0 до 1.0], с оптимална стойност, равна на 0.2.



Фигура 3.3.2 Модел на невронна мрежа

Резултатите от проведените изследвания са показани в таблица 3.3.1, от която ясно се вижда високата точност на разпознаваемост при използването на инвариантно извличане на характеристики – факторен анализ (FA).

Таблица 3.3.1: Точност на теста на 4 класификатора (NN, SVM, RF и kNN) с методи за избор на характеристики: ESN: Echo State Network; IFE: екстракция на интервални характеристики; ICA: Независим анализ на компоненти; GPC: степенувана вероятностна клъстеризация; OFS: Избор на оптимални характеристики; Факторен анализ(FA).

	-	ESN	IFE	ICA	GPC	OFS	FA
NN	75,0	85,9	78,1	81,8	83,5	80,3	90.4
SVM	58,3	86,7	77,1	72,9	64,2	73,6	90.4
RF	50,0	79,7	71,3	69,4	62,8	65,2	84.6
kNN	56,7	83,3	72,2	72,6	76,8	79,5	88.5

Комбинацията от малък брой времеви области (ERP амплитуди и латентности) и пространствени (избрани канали) характеристики има потенциала да намали междупредметната вариабилност и да подобри изучаването на представителни модели, валидни за множество субекти. Резултатите от това проучване дават основание, факторният анализ (FA) на ERPs да е обещаващ подход за извличане на статистически основополагащи корелации на мозъчната активност между субектите и затова декодира човешки емоционални състояния. Въпреки това, преди да направят по-силни заключения относно способността на FA да декодира емоциите, се изискват допълнителни изследвания, за да се отговори на други въпроси, като например дискриминация на повече от две емоции.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Приносите в дисертационния труд могат да бъдат разделени в две групи: научно-приложни и приноси за практиката.

НАУЧНО – ПРИЛОЖНИТЕ приноси се отнасят към разработването на системно-развити концептуални, еволюционни и обобщаващи модели разкриващи взаимовръзките на технологии и принципи, на компоненти, елементи и процеси и бизнес модели.

1. Създаден е **обобщаващ, еволюционен модел** на ключовите компоненти на икономиката в етапите на развитие на обществото. Този модел проследява еволюционното развитие на три основни компонента на икономиката – икономически, организационен и технологии с общо предназначение, съответстващи на три действия, задвижващи икономическите дейности – управление, хранене с ресурси и придвижване.
2. Разработен е **модел на взаимовръзката между принципите и технологиите на споделената икономика**. Приложени са два подхода при изграждането му: „отгоре – надолу“ за технологиите и „отдолу – нагоре“ за принципите. Основополагащото ниво и при двата подхода е свързващото звено за пренос и създаване на стойност. Това са двата компонента репутация и платформи. Репутацията, е като основен принцип за съществуването на споделената икономика и в същото време предполага и изгражда работата на платформите.
3. Предложен е **системно-развит обобщаващ концептуален модел с три нива на абстракция** (създаване на стойност, трансфер на данни и обработка на данни) за компонентите на екосистемата на споделената икономика и взаимодействието между тях. Модела съобразява технологичните аспекти и техните последици върху бизнеса. Обяснено е двупосочното движение на взаимовръзките, която създава свързаността между отделните модули. Основните модули са пет: 1. Бизнес модели, основани на споделена икономика; 2. Платформи 3. Интернет на нещата; 4. Големи данни и 5. Машинно обучение. Той прилага интелигентни взаимосвързани връзки между основните слоеве, за да действа като добре работещ механизъм. Тези връзки са различни действия, събития и дейности, разпределени в четири групи: 1. Прехвърляне на данни и стойност; 2. Генериране на данни; 3. Анализ, обработка и тълкуване на данни и 4. Създаване на стойност, улесняване вземането на решения и интелигентни приложения.
4. Дефинирана е **методология за оценка на качеството на данните**. Тя съдържа 6 качествени измерения, съотнесими към потребителя и

са съпоставими към резултатите от оценката на изискванията за качество. След анализиране на множеството избрани подходи се идентифицира основен набор от различни показатели за качество и след внедряването им се оценяват свързаните данни. Показателите, свързани с всяко измерение, са идентифицирани и зачетени към него. Групите показатели не са напълно независими. Те могат частично да се припокриват. Измеренията също не са независими един от друг. Има връзка между измеренията на една и съща група или между групите.

5. Създадена е теоритична рамка на развитието на бизнесмоделите под влиянието на технологиите при нововъзникващите компании и предприемачите. Тази рамка показва доминиращите комбинации от бизнесмодел и доминиращите технологии за тяхното изпълнение. Анализът на новосъздадените компании и предприемачите, показва, че основен източник на финасиране на тези компании е придобиването им от големите корпорации.

ПРИНОСИТЕ ЗА ПРАКТИКАТА са свързани с реализацията на модели използващи методите на машинното обучение с потенциала да бъдат част от интелигентни системи от екосистемата на интернет на нещата в областите – „Умен дом“ и „Здраве“.

6. Разработена е **концепцията** за два широко разпространени сензора способни да **разграничат необичайни газове от обичайния състав на въздуха в дома**. Сензорите за отчитане на температурата и влажността в комбинация чрез нелинейния модел Deep Learning (DL) лесно могат да разграничат вариациите във състава на въздуха, когато се появат различни външни влияния. Сравнение на моделите за машинно обучение е направено между Artificial Neural Network (ANN) и Deep Learning (DL), като и на двата модела е приложен алгоритъм за оптимизиране на параметрите.
7. Разработена е **методология за анализ на сигнали от електрокардиограма (ЕКГ)**, с цел разпознаване на три емоционални състояния – страх, отвръщение и неутрално. Анализирани са **методите за извличане на характеристики от ЕКГ сигнал** за разпознаването на емоции и областите на приложение. Приложени са два подхода, с разработени **модели на машинно обучение** решаващи задачи за класификация, като в единия подход се сравнява презиността на три класификатора – K – Nearest Neighbor (Knn), Decision Tree (DT) и Artificial Neural Network (ANN), а втория е съсредоточен върху подобряване на алгоритъма като сравнението се прави между ANN и Logistic Regression (LR).

8. Изследвани са **методи за** извличане на характеристики за определяне на сродни невронни отпечатъци на чиято основа могат да се разграничат положителна и отрицателна валентност при човешката емоция. Новостта при изследването е **избора на характеристики**. Комбинацията от малък брой времеви и пространствени характеристики е обещаваща при намаляването на непостоянството между супектите и подобри изучаването на представителни модели, валидни за множеството субекти.

Разработените системно развити концептуални модели и експериментални изследвания са докладвани на конференции изброени в списъка на публикациите.

Апробация на бизнес моделите базирани на интернет на нещата е направена при изпълнение на дейностите по проект: "Conceptual and Simulation Modeling of Ecosystems for the Internet of Things (CoMein)", funded by the Bulgarian Scientific Research Fund, Competition "Fundamental Research - 2016", Contract ДН02 / 1 / 13.12.2016г

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- Petya Petkova, Sharing Economy – Principles and Technology, 4th Science Conference “Contemporary strategies and Innovations in the Knowledge Management”, European Parliament, Brussels, 27.11.2018. Accepted for printing ISSN 2535-0250
- Desislava Nikolova, Petya Mihaylova, Agata Manolova, Petia Georgieva, ECG-based human emotion recognition across multiple subjects, FABULOUS 2019 - 4th EAI International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures, March 28-30, 2019 Sofia, Bulgaria, accepted for preprinting
- Petya Mihaylova, Petia Georgieva, Agata Manolova, Data Analytics for Home Air Quality Monitoring, FABULOUS 2019 - 4th EAI International Conference on Future Access Enablers of Ubiquitous and Intelligent Infrastructures, March 28-30, 2019 Sofia, Bulgaria, accepted for printing
- D. Nikolova, P. Petkova, A. Manolova, P. Georgieva, ECG-based Emotion Recognition: Overview of Methods and Applications, Workshop on Advances in Neural Networks and Applications 2018 (ANNA'18)
- Vitor Pereira, Filipe Tavares, Petya Mihaylova, Valeri Mladenov, and Petia Georgieva, Factor Analysis for Finding Invariant Neural Descriptors of Human Emotions, Complexity, Volume 2018, Article ID 6740846, 8 pages
- B. Jekov, E. Shoikova, D. Donchev, P. Petkova, STUDY ON THE IOT ECOSYSTEM BUSINESS MODELS AND THE SEGMENT OF

STARTUPS, 10th annual International Conference of Education, Research and Innovation, 16-18 November, 2017, ICERI2017 Proceedings pp. 4863-4873

- Roumen Trifonov, Boyan Jekov, Petya Mihaylova, QUALITY ASSESSMENT OF OPEN AND LINKED DATA, 30th Anniversary International Conference on Information Technologies (Info Tech 2016) pp.387-397
- Nikolov, Roumen / Jekov, Boyan / Mihaylova, Petya: Big Data in a Smart City Ecosystem: Models, Challenges and Trends "International Conference on Big Data, Knowledge and Control Systems Engineering - BdKCSE'2015", pp.101-118

SUMMARY

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR IOT AND BIG DATA ANALYSIS IN SHARING ECONOMY ECOSYSTEM

MSC ENG. PETYA TIHOMIROVA PETKOVA

Goal of the PhD thesis: Theoretical studies, analyzes and generalizations in the evolutionary framework of economic models and technological transformation. On the basis of research, the creation of systematically developed technology models and the principles of one has become and the interconnections between the elements and processes of the shared economy on the other. Experimental research and appraisal of the application of machine learning methods for analyzes and forecasts in various areas of society as proof of the functioning of the ecosystem of the shared economy.

For achieving the PhD goal the following tasks has been appointed:

1. Literature review, researches and conceptualization of the economic models and their impact on the immersing General Purpose Technologies (GPTs) as factors for digital transformation of Industry 4.0 and sharing economy.
2. Exploring the convergence of the sharing economy business models with Smart Systems (Internet of Things), Data Science (Bug Data) and Artificial Intelligence (Machine Learning).
3. Experimental studies and approbation of the Machine Learning Methods with real data in the domains of smart home and psychology.

This PhD Thesis consists of Introduction, three main chapters, Conclusion, Contributions and Bibliography, as well as lists of Publications related with the PhD Thesis, tables and figures.

Chapter 1 – The review and analysis of the change in economic patterns over the centuries show a change in the attitude of resource utilization. Accessibility and the ability to share them is a more valuable factor than their ownership. This chapter looks at the economic era in three different perspectives, or how society manages, moves and powers its economic activities. This allows distinguish three main components in the economic model: an organizational component - corresponding to the management structure and economic activities, general purpose technologies - ensuring the movement of economic activities and economic components - representing the economy energy supply. The evolutionary model (Fig.1.4) shows the digital transformation and the penetration of new technologies into human life and the transformation of the economy into informational. The intensity of their use requires resource sharing and reusability. These processes are governed by the interconnections of technologies (the Internet of Things, Big Data and the Internet of Things platforms) and the principles (value, trust and reputation) of the sharing economy presented in Figure 1.3.

The second chapter researches the convergence in three domains of sharing economy ecosystem form technological point of view with the basic information unit – data. As technologies for data value creation are analyzed Internet of Things based business models and their development is followed. The second technological field – data transfer technologies, makes an overview of the Internet of Things platforms, consider them architecturally and in terms of feature characteristics. Here, the Internet of Things platforms are regarded as a driving force for sharing economy business models used by start-ups and entrepreneurship. The third domain examines sharing economy data mining and data

processing technologies. In this research area in details are examined the Internet of Things ecosystem together with its architecture, conceptual model and application domains. Big Data, both as a resource and an Internet of Things ecosystem product, have studied its definition, features, architecture of data management and data processing processes - cloud management models, data analytic techniques and programming models. As a basic method for data analysis from the Internet of Things ecosystem, the predictive analytics, in particular, machine learning has been chosen. The detailed review in Chapter 2 discusses machine training, its nature, principles, tasks and techniques, as well as its application areas.

Chapter 3 presents three experimental studies of machine learning methods, two of them use biological signals from the heart and the brain. The third study is from the field of "smart city" particularly "smart home". In all three studies, machine learning methods were applied to solve a classification task in order to predict the outcome. A comparative analysis of different classification models is applied, and in all three studies the significance is placed, not so much on the construction of the model, but on the data feature extraction. The common among the three experiments is the application of a neural network variance, and its model is expected to be the most accurate in recognizing the result.

At the end it has been given general conclusions from the PhD Thesis, PhD Hypothesis, goal and its related necessary tasks which have been solved for its purpose and proving the hypothesis. It contains and future works related with this research.

The contributions are divided into two main groups and the bibliographic references of the Phd Thesis are listed.

Забележка. Обемът на дисертационния труд е от 130 до 150 стандартни печатни страници, а на автореферата до 32 стандартни печатни страници.