



**ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ**  
**• ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ •**



# Изграждане на Виртуално Образователно Пространство като Екосистема в Интернет на Нещата

---

## Автореферат

за присъждане на образователна и научна степен “доктор”  
в област 4. Природни науки, математика и информатика,  
професионално направление 4.6 Информатика и компютърни науки,  
докторска програма Информатика

Докторант:                      Константина Павлова Граматова

Научен ръководител:   проф. д-р Станимир Недялков Стоянов

Изграждане на Виртуално Образователно Пространство  
като Екосистема в Интернет на Нещата

---

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита пред научно жури, на заседание на катедра „Компютърни системи“ при Факултета по математика и информатика на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“, на 08.12.2017г.

Дисертационният труд съдържа 133 страници. Използваната литература включва 212 източника. Списъкът с авторските публикации по темата съдържа 4 заглавия, от които 3 на английски и 1 на български език.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ часа в \_\_\_\_\_ .

Материалите по защитата са на разположение на интересувалите се в секретариата на ФМИ, нова сграда на Пловдивски университет, каб. 330, всеки ден от 8:30 до 17:00 часа.

Автор: Константина Павлова Граматова

Заглавие: Изграждане на Виртуално Образователно Пространство като Екосистема в Интернет на Нещата

## Съдържание

Обща характеристика на дисертационния труд.....	4
Цели и задачи на дисертационния труд .....	7
Структура и обем на дисертационния труд .....	7
Кратко съдържание на дисертационния труд.....	9
Глава I Състояние на изследвания проблем.....	9
Интернет на Нещата.....	9
Интелигентни пространства .....	10
Контекст и контекстна зависимост .....	11
Интелигентни агенти.....	11
Глава II От разпределена среда на образователни услуги към взаимосвързано интелигентно пространство.....	12
Глава III Концептуално моделиране на ВОП в Интернет на Нещата .....	15
Глава IV Реализиране на ВОП като екосистема в Интернет на Нещата.....	17
Глава V Интеграционна платформа за реализиране на ВОП като екосистема в Интернет на нещата .....	18
Глава VI Концептуален модел на ВОП интеграционната платформа.....	19
Глава VII Валидация на ВОПИП – интегриране на електронно тестване .....	21
Авторска справка за резултатите в дисертационния труд .....	23
Резултати.....	23
Перспективи .....	24
Благодарности .....	25
Публикации по дисертационния труд.....	26
Библиография.....	27

## Индекс на фигурите

Фигура 1 Стек на Интернет на Нещата.....	9
Фигура 2 Виртуално Образователно Пространство .....	13
Фигура 3 Дефиниция на йерархия на същностите във ВОП .....	16
Фигура 4 Реализиране на ВОП в стека на Интернет на Нещата .....	18
Фигура 5 Концептуален модел за реализация на ВОПИП .....	20
Фигура 6 Интегриране на електронно тестване във ВОПИП .....	22

## Индекс на таблиците

Таблица 1 Граф на дисертационния труд .....	24
---	----

## Обща характеристика на дисертационния труд

Развитието на софтуерните и хардуерни технологии неминуемо е било определяно, но и определя еволюцията на достъпа до услуги, данни, моделиране и виртуализиране на процеси в различна степен, аспект и контекст. В течение на времето тези технологии са се изпреварвали с различен успех по пътя към постигане на иновативност, достъпност, свързаност, стабилност, сигурност, но именно непрестанният стремеж към тези цели чрез взаимодействие и постоянна взаимна провокация с нови възможности и предизвикателства, които тези технологии си отправят, е движещата сила на еволюцията на информационното пространство, която поставя човека в неговия център. Концепцията навсякъде – по всяко време – всяко устройство (ATAWAD) постепенно излиза извън контекста на устройства и започва да дефинира нова визия, в която главна цел е добавянето на ново измерение на свързаност и абстракция, в което основна и равнопоставена роля имат всеки човек и всяко нещо [47]. Това неминуемо води до нуждата от виртуализация и абстракция на всички дейности, процеси и услуги, както и осигуряването на унифициран и безпроблемен достъп до тях на всеки един участник в това пространство.

Процесът на образование вече прави своите крачки за интегриране в тази динамична и абстрактна среда на информационни услуги и технологии, което дава възможност за появяване и дефиниране на нови форми на обучение, които поставят акцента на търсене на творчеството, персонализацията и динамиката чрез дефиниране на нови форми и подходи за обучение. Започват да се дефинират и прилагат различни софтуерни решения и терминологии в зависимост от целта на използваната системата или среда [103]. Еволюцията в тази област преминава през различни еволюционни етапи, които са познати като поколения Е-обучение: E-Learning, M-Learning, U-Learning (ubiquities learning). В последните години интересът към електронното образование расте. Ного университети развиват техни системи за електронно обучение, много от големите ИТ корпорации [59,101,40] предлагат комерсиални системи, съществуват и системи с отворен код [60]. Постепенно се развиват и различни стандарти с помощта на организации, чиято цел е да подпомогнат съвместимостта на електронно учебно съдържание и услуги за електронно обучение [45,75,1,5]. Подобни тенденции са в ход и в българските училища и университети. Повечето от тези институции предлагат различни възможности за подпомагане на електронното обучение. Някои от тях са базирани на Microsoft Class Server (най-използваната система в българските университети и училища е Moodle) , а други изграждат свои собствени архитектурни модели и образователни платформи, като например ARCADE [13] на Софийския Университет, eSchool [8] на Варненски Свободен Университет, Flame [62] на Академията за Национална Сигурност. Добра среда за електронно образование в средното училище е представена и дефинирана в [33].

Видимо е, че средите за доставка на електронни образователни услуги стават все по-налагаща се интегрална част от съвременното обучение. За подпомагане на обучението посредством използване на съвременни информационни и комуникационни технологии, във ФМИ на Пловдивски университет се разработва инфраструктура, наречена Разпределен център за електронно обучение (Distributed eLearning Center), познат като DeLC [90]. Основните характеристики и цели на центъра са да предоставя електронни образователни услуги и учебно съдържание по контекстно-зависим, адаптивен и персонализиран начин, разполагайки тези услуги на физически разделени сървъри [81]. DeLC може да бъде разглеждан като пример за мрежово-базирано обучение [78], като концептуално той е динамична мрежова структура, състояща се от възли и реакции между тях, като върху възлите могат да се разполагат електронни образователни услуги и хранилища за електронно съдържание [87,88]. Възлите са класифицирани спрямо предназначението си (образователни, помощни,

специализирани), както и спрямо достъпа до тях (с фиксиран и мобилен), като мобилният достъп до услуги и съдържание се осигурява през InfoStation-базирани комуникационни мрежи в комбинация със специализиран софтуер (мидълуер) [28, 29]. Възлите могат да оперират самостоятелно или динамично да се свързват помежду си, образувайки комплексни виртуални структури, наречени образователни кълстери. В момента са изградени два такива кълстера – MyDeLC, достъпен чрез специализирания образователен портал DeLC 2.0 [117] и изграден от четири възела [121,98, 97,34,120,99,91, 122,83,94,84] и InfoStation кълстер [85], който предоставя мобилен достъп до услуги и информационни ресурси посредством специализирана трислойна архитектура и интелигентни безжични точки на достъп (наречани Information Stations - ISs), разположени около сградата на университета [85, 89, 86, 30]. Цялостната концепция за DeLC като контекстно-зависима и адаптивна инфраструктура за електронно обучение е представена в [82].

Двата реализирани образователни кълстера изграждат стабилна версия на средата за електронно обучение DeLC, която се използва в реалния образователен процес във ФМИ на Пловдивския университет. Въпреки, че DeLC е успешен проект, предоставящ ефективно използване на информационни и комуникационни технологии в образованието, съществен негов недостатък е липсата на естествена интеграция на неговата виртуална среда с физическия свят, в който се провежда реалния учебен процес. Усъвършенстването на средата и трансформацията в кибер-виртуално пространство ще увеличи възможностите за адаптация и персонализация на предлаганите услуги за различни приложения и за различни групи потребители, особено за хора в неравностойно положение [119]. В процеса на приложно изследване на процесите в DeLC и на възможностите и хоризонтите за развитие на центъра в контекста на постоянно еволюиращи технологии и концепции, следващ етап е изграждането на Виртуално Образователно Пространство (ВОП). Тъй като основните характеристики на виртуална среда за обучение я дефинират като социално и обособено пространство, което интегрира хетерогенни технологии и педагогически подходи, които не са ограничени от и до дистанционно обучение [23], то архитектурата на ВОП трябва да подпомага всеки един аспект на тези характеристики. Трансформацията на DeLC във ВОП е естествена еволюция под въздействието на две глобални тенденции, които имат сериозно влияние върху начина на опериране на Интернет-базирани приложения:

- Интернет като мрежа от компютърни мрежи постепенно се трансформира в мрежа на нещата (Internet of Things) [6,22];
- В настоящия синтактичен уеб възниква следващият семантичен уеб [3, 11].

Първите идеи за създаване на пространството са дадени в [115], а възможностите за трансформация на DeLC във ВОП са разгледани в [117]. Изследвания за изграждане и използване на ВОП в средното училище са описани в [115]. Инфраструктурата, с която ще оперира ВОП, е дефинирана от три функционални слоя [118] – самото ВОП, Интегрирана Технологична Платформа (ИТП), която предоставя основата за изграждане на ВОП, Компютърна и Комуникационна Инфраструктура (ККИ) за осигуряване на необходимата хардуерна инфраструктура.

Общата визия и характеристики на ВОП го дефинират като среда с високо ниво на абстракция и виртуализация, в която различните по комплексност изграждащи единици (услуги, участници, съдържание) са взаимосвързани, но и автономни компоненти в една среда, която позволява те да имат проактивно, контекстно-зависимо, интерактивно и реактивно поведение и комуникация. Поставянето на тази среда в термините на концепцията Интернет на Нещата (ИнН) е в основата на следващата еволюционна стъпка в развитието на ВОП. Парадигмата Интернет на Нещата е разширение на Интернет във физическия свят, в който всички физически единици

(обекти/устройства/неща) са взаимосвързани [17]. В основата на концепцията на Интернет на нещата е осигуряване на възможността виртуално всяко едно *нещо* да може да обменя информация и работи в синергия с всяко друго, което води до драматично подобрене на комуникацията като акт на акумулиране и обмен на знания. За да може едно *нещо* да оперира като част от такава екосистема, то трябва да има наблюдаващи, сензорни, актуализиращи способности, с които да отчита промените в средата и да се адаптира в съответствие с нуждите и целите си [10]. Всички тези способности дефинират *нещата* като автономни, проактивни единици, които могат да обменят знание и информация с други такива с цел взимане на решения, планиране и реализиране на лични или споделени цел. Тъй като основна характеристика на ВОП са контекстна зависимост, даваща възможност за адаптивно, персонифицирано интелигентно поведение на база отчитане на промените в околната среда на ВОП, тази парадигма е приложима за така дефинираното ВОП.

Понятието Интернет на Нещата екосистема е трудно да бъде дефинирано, комплексно и сложно да бъде обхванато поради обширността на неговия обхват и скоростта, с която то се разширява [42]. *Нещата* са основният компонент в една такава екосистема – те осъществяват връзката между физическия свят на реалните обекти и хора с дигиталния свят на Интернет. Като такива те трябва да притежават способности за мониторинг, както и сензорни, ефекторни, изчислителни и обработващи. Тези способности ги определят като автономни, проактивни единици, които могат да обменят знание и информация помежду си с цел вземане на решения, правене на планове, постигане на лични или споделени цели. Всички тези характеристики на едно *нещо* са класифицирани в структурата на стека на Интернет на Нещата [63]. За да може едно *нещо* да оперира по интелигентен начин в такава екосистема, то необходимо е самата среда да предоставя цялата налична в нея информация за състоянието и промените, които настъпват в нея. С други думи, тя трябва да дава възможност за извличане на контекст, в който дадено събитие е настъпило. Тя трябва да осигурява и споделянето на тази информация между всички *неща* в нея, както и възможността за натрупване и акумулиране на нови знания за нея в резултат на когнитивните способности на *нещата*, които я обитават, приложени върху тази информация. В резултат основните изисквания към една платформа, върху която ще се изгражда Интернет на Нещата екосистема, са тя да предоставя възможности за реализация на поведенческите и ментални характеристики както на *нещата*, така и на средата, в която те ще съществуват като взаимосвързани, но и автономни единици.

ВОП е инфраструктура за ефективна интеграция на физическия свят на реалното обучение с виртуалния свят на електронните форми за обучение, изграждаща се в съответствие с функционалния модел [115]. Целта е чрез усвояване на всички възможности, предоставени от информационните и комуникационни технологии, всички вече съществуващи образователните процеси да бъдат запазени функционално, но и дообогатени с интелигентно персонализирано поведение, адаптивно към промените в околната среда, в която те оперират. Това е възможно само чрез въвеждането им като интегрирани единици от виртуално пространство, което се явява интерактивна екосистема за взаимосвързани и комуникиращи помежду си образователни процеси от всички образователни домейни. Основна характеристика на ВОП са контекстна зависимост, даваща възможност за адаптивно, персонифицирано и интелигентно поведение на база отчитане на промените в околната среда на ВОП, която дава възможност за времева и пространствена осведоменост и свързаност. Концептуално са реализирани всички аспекти на една Интернет на Нещата екосистема. Реализацията на платформа, която да осигури пълната имплементация на ВОП в съответствие с концептуалните изисквания за такава екосистема, е цел на дисертационния труд.

### Цели и задачи на дисертационния труд

Основната цел на дисертацията е концептуално да дефинира ВОП в термините на парадигмата Интернет на Нещата и технологично да реализира ВОП като екосистема в Интернет на Нещата чрез изграждане на базова интеграционна софтуерна платформа (ВОП Интеграционна Платформа, ВОПИП). Съществено изискване към реализирането на тази платформа е да запази, но и обогати нивата на абстракция, моделите и процесите, компонентите и хомогенната структура на ВОП, дефинирана в [82], за да може те да бъдат реализирани в термините на Интернет на Нещата.

*За постигането на целта, в дисертацията се следва и адаптира методология за изграждане на интеграционна платформа, която предоставя необходимото за дефиниране и реализиране на ВОП като екосистема в Интернет на Нещата, в която ВОП еволюира от виртуална разпределена среда в екосистема на неща, които работят в синергия за постигане на още по-динамични, персонализирани, адаптивни и безпроблемно достъпни образователни услуги. Платформата е дефинирана чрез анализиране, прилагане и усвояване на различни архитектурни, технологични и концептуални подходи за реализиране на имплементация на ВОП в термините на парадигмата Интернет на Нещата. Основна цел на платформата е да предостави необходимите динамичност на функционалности, безпроблемни вътрешен и външен достъп и комуникация на и между компонентите, проактивно и персонализирано поведение на база контекстна зависимост, оркестрация на целево-ориентирано компонентно поведение, споделяне и натрупване на знания. За постигането на тези цели подходът се базира на дефиниране и адаптиране на обща абстракция на неща в контекста на електронното обучение, както и върху дефиниране и осъществяване на общ унифициран начин за комуникация и коопериране между нещата в динамичната екосистема, а и извън нея.*

В съответствие с методологията, за постигане на целта на дисертацията са дефинирани следните основни задачи:

1. Анализ и концептуално дефиниране на ВОП в термините на парадигмата Интернет на Нещата;
2. Анализ и точна дефиниция на функционалните и технологични изисквания към целевата платформа в съответствие с концепцията за ВОП като Интернет на Нещата екосистема;
3. Избор на технологии, концепции, архитектурни подходи и имплементационни средства за реализиране на платформата в съответствие с вече дефинираните към нея изисквания чрез анализ и усъвършенстване на възможните решения;
4. Изграждане и валидация на целевата платформа, предложена в дисертацията, чрез реализиране на електронното тестване като интегрирана част от образователната ИнН екосистема, базирана на целевата платформа;

### Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е съставен от увод, седем глави, заключение, приложения и библиография. Обемът на основната част е 122 страници, а на приложената библиография – 11 страници и включва 212 източника. Списъкът с авторските публикации по темата съдържа 4 заглавия, от които 3 на английски и 1 на български език.

**Уводът** представлява въведение в изследваната тематика. Тук се прави преглед на базовата архитектура на Разпределен център за електронно обучение – DeLC. Посочени са неговите основни компоненти, цели и концепции на реализация. Разгледана е следващата стъпка за развитие, а именно изграждане на Виртуално Образователно Пространство (ВОП). Коментирана е парадигмата Интернет на Нещата (ИнН) и дефиниране на ВОП в нейните термини. В увода е дефинирана целта на дисертацията, като са посочени средства и начин за постигането ѝ.

В **Глава I** е направен преглед на състоянието на научноизследователски области, които имат отношение към изследването. Направен е детайлен обзор на парадигмата Интернет на нещата – дефиниции и концепции, стек, приложения в различни области, текущо състояние и проблеми, съществуващи интеграционни платформи, както и е направен кратък преглед на образованието в контекста на Интернет на Нещата. Прегледани са концепциите за интелигентни виртуални пространства, контекст и контекстна зависимост, интелигентни агенти.

В **Глава II** е направен детайлен анализ на ВОП. Изследвани са неговите характеристики, архитектура и възможности, неговата концептуална генетика – **от DeLC към ВОП**.

В **Глава III** е дефиниран нов същностен концептуален модел на ВОП след обзор на възможности за моделиране на знания и образование. Направен е анализ на възможностите за съвместимост на новата концептуална дефиниция за ВОП с концепциите, които дефинира парадигмата Интернет на Нещата - направена е проверка за концептуална съвместимост.

В **Глава IV** е предоставен обзор на настоящата имплементация на ВОП и съвместимостта ѝ с парадигмата Интернет на Нещата чрез разглеждане на софтуерните и хардуерни специфики на инфраструктурата на ВОП през призмата на Интернет на Нещата.

В **Глава V** са направени анализ и дефиниция на изискванията към интеграционна платформа за реализирането на ВОП като екосистема в Интернет на Нещата (ВОП Интеграционна Платформа, ВОПИП). Анализирани и дефинирани са технологичните, архитектурни и концептуални изисквания, технологии и подходи за реализация на интеграционната платформа. Направен е избор на технологии и подходи на база дефинираните изисквания.

В **Глава VI** е представен концептуален модел за реализация на ВОПИП заедно с дефиниране на методология за неговото изграждане, а и за интегриране на нови компоненти в него. Специфицирани са функционалните и нефункционални изисквания към платформата.

В **Глава VII** е направена валидация на концептуалния модел за ВОПИП чрез интегриране на електронното тестване в нея. Предоставен е анализ на поэтапното взаимно развитие на интеграционните подходи за реализирането на електронното тестване във ВОП, които отразяват еволюцията на технологии и концепции, възприемани както конкретно за реализацията на електронно тестване, така и за цялото пространство.

**Заключението** обобщава резултатите от дисертацията и дава някои перспективни насоки за продължаване на изследванията по темата на дисертационния труд.

**Приложения** са публикациите по дисертационния труд – техните цитирания в дисертацията и пълният им списък.

**Библиографията** съдържа 212 заглавия на научни статии и монографии, които авторът е използвал при изследванията, свързани с дисертационния труд.



## Кратко съдържание на дисертационния труд

### Глава I Състояние на изследвания проблем

#### Интернет на Нещата

Интернет на Нещата (Internet of Things, IoT) е парадигма, която дефинира концепцията за динамична среда, изградена от многообразие от проактивни свързани обекти, които комуникират помежду си на базата на връзки и схеми за уникална идентификация [26]. Взаимодействайки с други обекти от средата, те създават нови приложения и услуги от по-високо ниво [100], реализиращи общи цели и изграждат свят, в който реалното, цифровото и виртуалното се преплитат [18] и създават интелигентни среди, които могат да направят всеки аспект и сфера на живота по-интелигентни и по-ефективни. Глобалният и всепроникващ характер на Интернет на нещата и динамичното взаимодействие на свързаните обекти на база трансформиране на Интернет от мрежа от мрежи в мрежа от обекти [6], предполага експоненциално нарастване на обема и достъпността на данни, които се характеризират с комплексност, хетерогенност, голяма скорост и неструктурираност, въвеждайки парадигмата за големи данни (big data) [57]. Нарастващото внедряване и използване на облачни изчислителни услуги, усъвършенстването на мрежовите технологии и навлизането на IPv6 създават технологична основа за реализирането на Интернет на нещата. Комуникацията машина-към-машина (M2M) играе ключова роля [76], но концепциите на ИнН излизат извън очертанията на M2M. Преходът от M2M към Интернет на нещата се характеризира главно с миграцията към отвореност, многофункционалност и иновативност [39]. Тази миграция се състои от няколко главни трансформации, които дефинират генералното движение към хоризонтално ориентиране на технологиите и бизнеса.

Основните компоненти на Интернет на Нещата, които всички негови дефиниции открояват, са:

- устройствата или обектите (нещата);
- фиксирани/безжични компютърни мрежи и Интернет;
- място/начин за скалдиране и персистирание на информация/знания.

За да може едно нещо да оперира като част от една такава екосистема, то то трябва да може да наблюдава средата за промени, да може да улавя такива промени, да може да прилага изчисления и да обработва получената информация, за да въздейства на средата посредством реакция на анализиранияте събития и промени. Обобщение на тези концепции е стекът на Интернет на Нещата (Фиг. 1.). Той дефинира многослойна структура за пренос и обработка на информация и знания като взаимодействие на нещата с околната среда, която те обитават.



Фигура 1 Стек на Интернет на Нещата

Сетивният слой се използва за получаване и натрупване на знание от околната среда. Слойт Интегриране на Данни е за споделяне на натрупаните от нещата знания в екосистемата. Слойт Анализ на *нещата* дефинира процесите на обработка на натрупаното знание с цел подпомагане извършването на взимане на решения, планиране, коопериране и модифициране на вече съществуващи планове и цели в зависимост от аналитичните данни. Слойт Когнитивни Действия е най-комплексно реализираният, но и най-важният в контекста на ИнН. Той събира всички когнитивни процеси и действия, които са нужни, за да може на база резултатите от всички по-долни слоеве – натрупани знания, аналитични процеси и изводи – дадено *нещо* в системата да взема решения, да реагира, да въздейства, както и да прави бъдещи планове и поставя бъдещи цели, които проактивно да се стреми да реализира. Този слой гарантира интелигентността на поведението в ИнН екосистемата.

В контекста на хоризонтална визия на Интернет на Нещата се отключват многобройни възможности за приложение, разкриващи истинската му стойност - умна електропреносна мрежа, интелигентен транспорт, образование. Образованието е триполярен процес, в който обучаващи, обучавани и социална околна среда действат и взаимодействат помежду си [68]. С навлизането на все по-високотехнологични решения започват да се появяват и нови форми на обучение, които акцентират на интерактивност и персонализация [79, 46, 41], целейки да подобрят ефективността, а и самото преживяване по време на образователния процес. Визиите за адаптиране на ИнН парадигмата към сферата на образованието варират [66,58,7,48,114,16,113,51,75]. Концепцията за Интернет на Нещата и нейната роля в еволюцията на приложенията за електронното образование е представена в [65].

#### Интелигентни пространства

Интернет все по-дълбоко и всеобхватно навлиза във всяка една сфера на човешкия живот, което неминуемо предизвиква значими технологични, икономически и социални последици през последните години [104]. Естествената еволюция от мрежа от мрежи към мрежа от неща, както и глобализирането на киберпространствата, са предпоставка за бързото развитие на CPSS (Cyber-Physical Social Systems). Същността на понятието кибер-физически системи адресира все по-тясното интегриране и кооперация между изчислителни (кибер) и материални (физически реални) ресурси [107], като по този начин дефинира връзката между двете пространства – кибернетично и реално. Тези системи са в постоянно взаимодействие със средата, в която оперират, и реализират тясна интеграция между изчисления, комуникация и контрол.

Начинът, по който хората общуват и взаимодействат помежду си, е безпрецедентно повлиян от киберпространството. Това обосновава и отчитането на присъствието на човешкото и социално измерение в CPS. Достигнали сме точката, където социалната и човешка динамика става неразделна част от CPS, така че включването на понятието *социално* е напълно оправдано [53]. Като естествена еволюционна стъпка и логическо следствие на CPSS възниква понятието за проникващи интелигентни пространства (Pervasive Intelligent Spaces - PIS), в които е имплементирана идеята за интелигентно взаимодействие между хора и обекти „навсякъде – по всяко време – по всякакъв начин“ (anywhere – anytime - anyhow).

Интелигентните пространства имат широк спектър от приложения (текущи и потенциални) [80,52,19,31,55]. Този вид пространства могат да въведат нови подходи и сценарии за решаване на комплексни проблеми и в областта на електронното обучение.

#### Контекст и контекстна зависимост

Определението на понятието *контекст* е изключително предизвикателна задача. Една от първите дефиниции описва контекста като място, идентичности от хора и заобикалящите ги обекти [72]. Контекстът се определя като активен процес по разпознаване на заобикалящата среда от хората, като се изхожда от техните познавателни способности за нея, в [12]. В течение на времето са предлагани много дефиниции [71,14,74,73,64,22], в които акцентът винаги е върху дефиниране на понятието състояние на околната среда. Може би най-пълната дефиниция е на Дей (Deu) [21], където контекст е всяка информация, която може да се използва за категоризиране на състоянието на една идентичност. Идентичност може да бъде човек, място или обект, който се смята за свързан с взаимодействието между потребител и приложение, като включва самите потребител и приложение.

Можем да определим една система като контекстно-зависима, когато тя е в постоянна връзка с околната среда, в която оперира, използва получената информация за извършване на адаптиране към настъпили промени или събития, за да осигури информация или услуга на всеки свой потребител. Извличането и получаването на информация (разбирането на контекста) е един основен проблем на контекстната зависимост [64]. Контекстът се улавя с помощта на сетивни способности, реализирани като *сензори*. Съществуват дефинирани формализми за контекстно-зависими системи, като един от тях е Calculus of Context-aware Ambients (CCA) [77,4]. Той е създаден с цел моделиране на контекстно-зависими системи. CCA е изграден на основата на Calculus of Mobile Ambients (MA) [15]. Формализмът въвежда нови конструкции за моделиране на амбиенти (ambients) и процеси, които са в състояние да опознават околната среда, където се изпълняват.

#### Интелигентни агенти

Агентите се смятат за едни от най-важните парадигми, която от една страна може да подобри настоящите методи за концептуализация, дизайн и имплементация на софтуерни системи, но от друга страна и да даде решение на вече съществуващи проблеми на софтуерното интегриране. Терминът *агент* или *софтуерен агент* е намерил своето приложение в различни технологии и е широко използван в контекста на изкуствения интелект, бази от данни, операционни системи и компютърните мрежи. В течение на времето са давани различни дефиниции за този термин – Генезерет, Кечпел, 1994; Улдридж, Дженингс, 1995; Ръсел Норвиг, 2003 - и въпреки че няма една-единствена, всички предложени дефиниции са сходни в аспект на това, че *агент* основно е специален софтуерен компонент, притежаващ автономност, който предоставя оперативно съвместим интерфейс на произволна система и/или има поведение на човешки агент, работейки за дадени *клиенти* в преследването на дадена цел [20]. Обикновено агентните системи се състоят от множество агенти. Тези мулти-агентни системи (Mutli Agnet Systems - MAS) могат да моделират комплексни системи и създават среда, в която агентите проявяват различни социални и ментални способности за постигане на поставени персонални или споделени цели.

Един агент е идентичност, която може да бъде разглеждана като способна да възприема околната среда посредством сензори и въздейства върху тази среда посредством ефектори [70], с което се подчертава наличието на околна среда, с която агентът взаимодейства посредством сензори и ефектори. Тази базова дефиниция бива разширена с концепцията за автономност на агенти[56]. Когато се коментира автономно поведение, то неминуемо трябва да бъде подчинено на някаква вътрешна логика, на базата на която се взимат решения за предприемането на дадени действия като част от реализацията на самото поведение. Така се стига и до понятието интелигентни агенти [32]. Интелигентните агенти непрекъснато извършват три функции:

- Възприемане на динамични условия в околната среда;
- Действие за въздействие върху условията на околната среда;
- Разсъждения за интерпретация на възприятията, решаване на проблемите, правене на заключения и определяне на действията [38].

В процеса на моделиране на архитектури за реализиране на агенти се е изхождало от най-различни сценарии и вече налични механизми за взимане на решения. Целта е постигане на интелигентно поведение, адаптивно към средата си, в което менталните свойства подпомагат взимането на решение за предприемане на дадени действия за постигане на зададената цел. Базовият програмен цикъл на един агент формално може да бъде описан като *sense – think – act* цикъл. Различни архитектури, дефиниращи подходите за реализиране на този цикъл, са създавани, като те варират от чисто реактивни (поведенчески) до мисловно-центрирани, но може би най-популярната е BDI архитектурата. Тя се базира на ментални свойства вяра, желание, намерение, използвайки модална логика. Много различни системи са имплементирали тази архитектура – PRS, JAM, JACK, dMARS, JADDEX. Една от най-известните е Procedural Reasoning System (PRS), която е базирана на интерпретатор и четири основни структури – вяра, желание, намерение и планиране. JADDEX е разширение на платформата Jade, която обогатява Jade с инструменти за имплементиране на BDI агенти, както и подпомага сървисно-ориентираното и компонентно представяне на техните възможности.

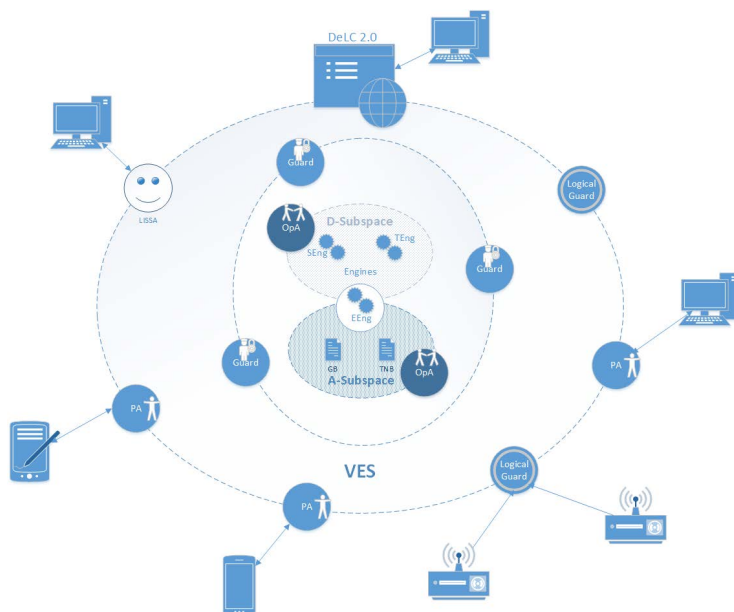
## Глава II От разпределена среда на образователни услуги към взаимосвързано интелигентно пространство

Тенденцията за усвояване на възможностите, които настоящите комуникационни и информационни услуги предлагат, с цел постигане на безпроблемен достъп до информация и услуги навлиза във всеки един аспект на човешкия живот. За да продължи да се развива наравно с темповете и характеристиките на днешното общество, образованието трябва да успее да се адаптира към изменящата се среда. Интернет е основата за постигане на достъпност на данни и услуги навсякъде, по всяко време и по всякакъв начин (*anywhere – any time - anyhow*). В отговор на тази тенденция в Пловдивския университет се дефинира и реализира Разпределен център за електронно обучение (Distributed eLearning Center, DeLC), който цели изграждането на инфраструктура за предоставяне на електронни образователни услуги и учебно съдържание [90, 95].

DeLC е референтна архитектура, която е моделирана на базата на възли (eLearning Nodes), които могат да съществуват и оперират автономно или да бъдат групирани в по-комплексни абстрактни структури – клъстери (eLearning Clusters). Така дефинираната архитектура предлага фиксиран и мобилен достъп и е отворена за динамично разширяване с нови възли, както и за прегрупирането на вече съществуващи такива в нови клъстери. Тези характеристики и качества обаче се оказват недостатъчни за постигане на пълната ефективност на DeLC, тъй като ефективният образователен процес е многостранен и зависим от действия и събития, които се случват на различни физически места и в различно време – аспекти от реалния свят и заобикалящата среда. Несвързаността с околната среда е проблем на много от съществуващите решения за системи за електронно обучение, както и в DeLC. Взаимното влияние на различните обучителни процеси и анализиране на тяхното поведение и успеваемост предопределят нуждата от възможности за правене на релации и връзки между тях в контекста на една динамична и пълна образователна среда, за да бъде възможно тяхното взаимно усъвършенстване и адаптиране към конкретен потребител и самата среда, както и помежду им, за постигане на оптимален и ефективен образователен процес. Така естествено се стига до следващия еволюционен етап на DeLC, в който той трябва да се трансформира в нова

инфраструктура, позната като Виртуално Образователно Пространство (Virtual Educational Space, VES), в което потребители, време, местоположение, автономност и контекстна зависимост са основополагащи и което осигурява унифицирана обработка и интерпретация на информацията, идваща както от виртуалната околна среда, така и от физическия свят [105].

ВОП (Фиг. 2.) е интелигентно пространство. Съгласно [54, 108] интелигентно пространство е среда, която е способна непрекъснато да наблюдава какво се случва в нея, може да комуникира със своите



Фигура 2 Виртуално Образователно Пространство

обитатели и съседни среди, може да прави релационни заключения и решения и да действа въз основа на тези решения. В сравнение с DeLC, интелигентното образователно пространство ефективно ще подпомага образователните процеси на смесено обучение, което интегрира електронните форми на образование с реалните образователни процеси. Чрез постоянната си свързаност с околната си среда – виртуална и физическа, интелигентното пространство дава възможност за получаване, комбиниране, анализиране и добавяне на информация за време, местоположение, действия и състоянието на всички свойства на тази среда, с което да подпомага образователните процеси и да ги направи пълни и адаптивни към виртуалния и реален свят, в който те оперират. В тази връзка ВОП се характеризира с контекстна зависимост, сценарийна ориентираност и контролираност на инфраструктурата.

Пространството има няколко специализирани входни точки – образователният портал DeLC 2.0 и персонални асистентни. Асистентите играят ключова роля в пространството за персонално подпомагане на участниците и компонентите във ВОП и биват три вида - персонални, оперативни и гардове. Персоналните асистенти (ПА) оперират като персонализирани входните точки в пространството, явявайки се като своеобразен интерфейс между потребителите от физическия свят и виртуалната среда на пространството. Бидейки такива, те трябва да изпълняват дейности, свързани с персонализация и адаптация, когато това е необходимо. Във ВОП е създаден прототип на ПА за студенти Learning Intelligent System for Student Assistance (LISA) [102], в който е интегриран опростен интерфейс с възможности за разбиране и генериране на фрази на естествен език

(английски). ПА могат да бъдат използвани и от и на мобилните устройства на потребителите (мобилни ПА, mPA).

Оперативните асистенти (ОА) обикновено са разположени на сървърни компоненти от пространството като тяхна основна цел е да подпомагат изпълнението и управлението на образователни сценарии. Тъй като услугите и хранилищата, с които те трябва да осъществяват връзка, са бизнес-ориентирани, то тези агенти са снабдени с подходящи интерфейси за комуникация с тези услуги и хранилища за данни. ОА осъществяват интелигентната комуникация на сървърните услуги с всички останали компоненти на пространството, моделирайки ги като активни компоненти в него, като по този начин ОА изпълняват ролята на интерфейс между статично дигитално съдържание и услуги и динамичната среда на ВОП. В съответствие с функциите на ОА, пространството може да бъде разгледано, като съдържащо две подпространства - D-подпространство (DiLib-Subspace, D-Subspace) и A-подпространство (Admin-Subspace, A-Subspace). В D-Subspace средата на ОА са предимно дигитални библиотеки (DiLibs [96]), които представляват специализирани хранилища за персистиране и управление на учебно съдържание. A-Subspace предоставя всички дейности, свързани с организацията, контрола и документацията на образователния процес, по сигурен начин. ОА в това подпространство подпомагат работата на двата основни активни компонента в него – Студентска книжка (Grade book, GB), разработен в съответствие с Grade Book спецификацията от стандарта Common Cartridge [44] и Преподавателски бележник (Teacher's notebook, TNB) за персонифицирано подпомагане на участниците в образователните процеси.

Гардовете са специален тип асистенти, които отговарят за сигурността и за ефективното изпълнение на образователните сценарии в пространството. Характерна особеност на гардовете е, че те могат да оперират навсякъде в пространството, което от своя страна е предпоставката за наличните на различни видове гардове в пространството – логически и виртуални. Логическите гардове играят ключова роля, тъй като те осъществяват връзката с физическата околна среда, събирайки сурови данни от един или група от физически сензори, което определя и значимостта на логическите гардове в ролята на интерфейс между физическия и виртуален свят във ВОП. Виртуалните гардове оперират изцяло във виртуалното пространство, като могат да взаимодействат с всички останали гардове и компоненти на ВОП.

Асистентите, имплементирани като BDI агенти, са активни контекстно-зависими компоненти, които оперират автономно, реактивно, проактивно и социално. Агентната BDI архитектура [112, 110] представя модел, известен като *практически разсъждения*, при който взимането на решения е се извършва от рационалните агенти на два етапа – избиране на цел (обмисляне) и избиране и прилагане на подход за постигането ѝ (планиране).

Тъй като всички функционалности, които компонентите обитаващи образователната екосистема предоставят и използват в пространството, са под формата на услуги, то пространството е отворено за нови компоненти, които са способни да дават достъп до функционалностите си под формата на услуги, независимо от технологии, използвани за имплементацията им. Основните функционалности, които ВОП предоставя, са разгърнати и в двете подпространства (A- и D-), които са в тясно взаимодействие помежду си по време на управлението и изпълнението на образователни сценарии. D-подпространството е проектирано за директно подпомагане на образователния процес чрез трите виртуални *машини*, които то предоставя – SCORM машина (SCORM Engine, SEng) за имплементация на SCORM R4 спецификация [75], Тествача машина (Test Engine, TEng), която

реализира QTI 2.1. стандарта [43], и Събитийна машина (Event Engine, EEng). EEng е споделен между двете подпространства и имплементира събитийния модел, дефиниран в цялото пространство [109,67] с помощта на различни конструкции, дефинирани от формализъм известен като Събитийно Изчисляване (Event Calculus, EC) [61].

Основна цел на ВОП е да предоставя електронни услуги по интелигентен, адаптивен, персонализиран начин. Контекстната зависимост и интелигентното поведение трябва да бъдат поддържани и от средата на агентите, т.е. необходими са и интелигентно структурирани данни. Под *интелигентно* в случая за данни се разбира подходящо структуриране на информацията, която може да бъде персистирана отделно, но и при необходимост (изпълнение на сложни заявки) да бъде възможно и лесно нейното интегриране [2]. За целта се разработват различни образователни онтологии, които да бъдат приложени за семантично обогатяване на околната среда на асистентите. Дефинирането на логическата структура на учебния материал с цел обогатяването му със знания за йерархични и навигационни релации е цел на структурните онтологии във ВОП.

Обучаващи се и обучаващи, лекции и сценарии могат да съществуват като равноправни и взаимосвързани помежду си, но и със средата елементи на ВОП с еднакви възможности за проактивност, реактивност, автономност и социалност, което неминуемо насочва вниманието към парадигмата Интернет на Нещата, давайки основите за нейното адаптиране в образованието.

### Глава III Концептуално моделиране на ВОП в Интернет на Нещата

Четири стълба в Интернет на Нещата (хора, процеси, данни, *неща*) създават нуждата за една образователна система да е движеща сила на едно ново поколение от дигитални граждани, които разбират технологиите, които са в основата на ИнН, социалното въздействие на широко разпространено възприемане, както и правилното прилагане на получената информация. ВОП предоставя инфраструктура, абстракции и концепции, които са близки по същност с целената взаимосвързана среда от интелигентни компоненти, които са постоянно информирани за своята среда и споделят натрупаните си за нея знания по подходящ начин с всички останали, за постигането на интерактивен и интелигентен процес на постоянно взаимодействие между виртуалност и реалност.

Основната цел на обучителния процес е да развива нови и усъвършенства вече натрупаните знания на обучаващия се. Методология за структурирането и моделирането на процеса на обучение е средство за постигане на тази цел. Едно широко използвано средство за организиране, представяне и изграждане на знание е Концептуалната Карта (Conceptual Map, CM) [37], която обаче не адресира динамичността на процеса на обучение. За пълното му представяне модел за електронно обучение е дефиниран и предоставен през 2007 година от колегията на университета Берген в Норвегия, известен като Мениджър на Динамично Съдържание (Dynamic Content Manager, DCM) [50,49]. Този модел промотира по-адаптивно обучение, гъвкавост на целия обучителен процес [36], както и споделяне и многократно използване на учебния материал [27]. В този модел обучителните ресурси и прогрес могат да бъдат структурирани и организирани, което от своя страна оптимизира гъвкавостта на обучителния процес както за обучаващите се, така и за преподаващите. Чрез използването на този модел може да бъде постигнато едно по-задълбочено дидактично разбиране на дадена тема.

*За да може образованието да бъде формално представено на мета ниво, то неговите базови аспекти (знание, процеси и участници) трябва да могат да бъдат моделирани и формализирани по начин, който осигурява дефиниране, намиране и използване на релации между тях, да осигурява*

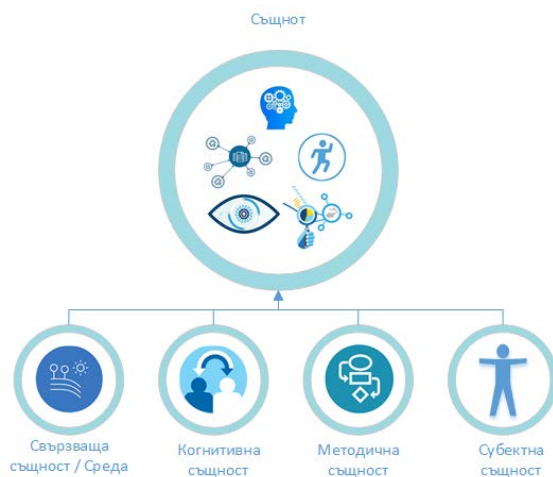
тяхната идентифицируемост и определяне на приложимост в даден образователен контекст, който се генерира на база на **отчитане на всички образователни аспекти**, и това да е дефинирано и интегрирано в рамките на **общия формализъм**.

За да може реализиращите компоненти на всеки един образователен аспект да съществуват съвместно и равноправно, да взаимодействат помежду си, да споделят и акумулират общи знания за околната среда, а за самото си вътрешно състояние, то моделирането на тези компоненти изисква обща базова абстракция. Тази абстракция трябва да дефинира основните поведенчески, ментални и свойствени характеристики на един компонент във ВОП, които се доспецифицират в контекста на аспекта в цялостния образователен процес, от който те са част. Така моделирането на ВОП се базира на полиморфични модели на база общовъзприета абстракция за **същност**.

**Същност във ВОП** е понятие, което се характеризира със следните особености:

- **контекстна информираност** за околната си среда
- способности да **възприема и актуализира** както **околната си среда**, така и вътрешното си състояние **на база споделени контекстни знания**
- участие в или **иницииране на действие или съдействие** за осъществяване на определена **цел**
- **взаимосвързаност** и интерактивност с всички останали **същности** в пространството
- **интелигентност**

Същностният модел на ВОП е йерархичен, като всяко наследяващо понятие разширява базовата концепция за същност с конкретни специфики на аспекта на образование, който то моделира.



Фигура 3 Дефиниция на йерархия на същностите във ВОП

**Свързващата същност** е моделът на средата във ВОП. Това понятие разширява базовото с възможности за интегриране на нови **същности**, свързвайки ги с вече съществуващи такива във ВОП. Концептуалният модел на знанието в модела на ВОП е представен от **когнитивните същности**. Те обогатяват базовото понятие с придобиване на когнитивна стойност. Моделирането на процеси във ВОП е направено посредством **методичните същности**. **Методичните същности** разширяват понятието **същност** със сценарийно-базирано и целево-ориентирано вътрешно реализирано на база определени методи поведение. **Субектните същности** са концептуалният модел на участниците в образователните процеси, като този модел разширява базовия с персонални специфики.



Концептуалната визия за ВОП е базирана на интелигентно, проактивно, реактивно и контекстно-зависимо взаимодействие на свързани от и в *средата същности*, които сързват реалния физически свят и процес на образование с виртуално синхронизирано с тях пространство. Тази визия неминуемо поставя въпроса за следваща крачка в еволюцията на ВОП – а именно интегрирането му в Интернет на Нещата. За целта е нужен подход на две нива – адаптация на концептуалните модели във ВОП към тези в ИнН, дефиниране, проектиране и изграждане на платформа, която да послужи за базова реализация на ВОП в ИнН. Разработки за подходите за постигане на концептуална и софтуерна интеграция на ВОП в ИнН са представени в [35, 92], като визията за софтуерната реализация еволюира поэтапно заедно с технологичните и архитектурни подходи по време на нейното дефиниране, но те винаги са базирани на общата концептуална съвместимост на ВОП и ИнН.

За осъществяване на концептуална адаптация е нужно успешно да се дефинира функция на съпоставяне на понятията от ВОП към тези, дефинирани от парадигмата Интернет на Нещата, т.е. да има концептуална биекция между двете понятийни множества. Разглеждайки отново основните понятия, които всички дефиниции на Интернет на Нещата открояват, а именно – *неща, сързаност* посредством мрежи, *знания*, които са споделени и съхранявани в достъпни за всички *неща* хранилища – дефинирането на такава функция започва да придобива смисъл на естествена следваща еволюционна крачка за ВОП. Съпоставяйки смислово двете понятия – *сързаност* и *нещо*, както и поставяне на продуциране, натрупване и осъвършенстване на знания, споделяни чрез постоянна взаимосвързаност на компоненти в определена среда в центъра на концептуалния модел, то може да се заключи, че между двете понятийни множества може да се осъществи биекция, т.е. те са напълно съвместими, което от своя страна предоставя големи възможности и нови хоризонти пред развитието на образованието в аспект на ИнН екосистема.

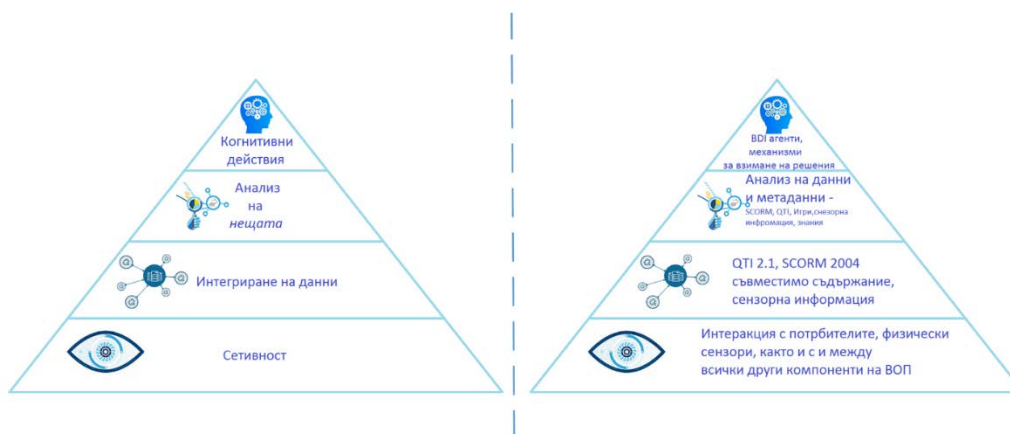
#### Глава IV Реализиране на ВОП като екосистема в Интернет на Нещата

В ранните изследвания за възможностите за разработване и интегриран на електронното тестване във ВОП, самото пространство е базирано на чиста JADE платформа за интелигентни агенти [25]. С включването на концепцията за Jadex Active Componets и постепенното дефиниране на асинхронна събитийно-базирна комуникация (Event Calculus), както и усъвършенстване на контекстите и имплементиране на контекстно-ориентирано предоставяне и поведение на услуги в пространството (Internal Temporal Logic – ITL; Calculus of Context-aware ambients, CCA) чрез реализацията и инеграцията на AJTempura [106, 93] във ВОП се създават технологични условия за пълната интеграция на ВОП в ИнН стека (Фиг. 4.).

Структурата на ВОП през призмата на базовите принципи на Интернет на Нещата [69] може да се разглежда като съставена от три логически нива – ниво на достъп до ресурсите на пространството, оперативно и аналитично ниво и сензорно ниво. Генерален подход за реализиране на управление на достъп до информационните ресурси и услуги на пространството е използването на персонални асистенти, като допълнителна възможност предоставя и специализираният образователен портал DeLC 2.0.

Оперативното и аналитично ниво е от изключително значение за степента на интелигентност на пространството поради факта, че то е събирателна точка за цялата сензорна информация, която може да бъде извлечена от самото пространство, а и получена от физическия свят посредством Логическите гардове на ВОП. В настоящата версия на ВОП два такива разработени модела са Студентската книжка (Grade Book, GB) и Преподавателския бележник (T-Notebook, TNB).

Във ВОП съществуват три типа сензори – виртуални, физически и логически. Физическата сензорна информация се получава и предварително се обработва от гардовете на пространството. Виртуалните сензори са абстракции, като типични източници на сензорни данни, които те обработват, са трите машини – SEng, TEng и EEng, а логическите са комбинация от виртуални и физически такива.



Фигура 4 Реализиране на ВОП в стека на Интернет на Нещата

## Глава V Интеграционна платформа за реализиране на ВОП като екосистема в Интернет на нещата

Като хардуер и софтуер ВОП е система с висока степен на сложност, където се използват различни типове софтуерни и хардуерни компоненти. За подпомагане на ефективен развой, както и на оперативна съвместимост, е необходима платформа, която да интегрира всички компоненти, т.е. необходима е интеграционна платформа, в която е имплементирана идеята за системна интеграция за създаване на единна среда за разработка на и с хетерогенни технологии и данни.

Тъй като целта е ВОП да е отворено и динамично пространство, то системата за неговата реализация трябва да поддържа и осигурява единна и прозрачна работа на всякакви хардуерни и софтуерни компоненти, както и динамичното разширяване на тази система с нови компоненти чрез свързването ѝ с такива или интегрирането им в цялостната среда, която тя предоставя. Софтуерната интеграционна ВОП платформа трябва да поддържа хоризонтално интегриране на вече съществуващите технологии във ВОП, на услуги и устройства в и извън нея, на неща от екосистемата, в която ВОП съществува, а и представлява, за да осигурни пълната свързаност на пространството с и в нея. В този аспект софтуерната ВОП платформа е интеграционна платформа за Интернет на Нещата (ВОПИП).

За постигане на тази цел към платформата са дефинирани изисквания към технологиите и архитектурните принципи за разработка. Дефинирани са изисквания за технологии и методи за свързване и комуникация, към обектния модел и технологиите за прозрачно взаимодействие на свързаните обекти, към методите за реализиране на автономно поведение на свързаните обекти. Направен е анализ на съществуващите технологии и архитектурни принципи в съответствие с вече дефинираните изисквания. Избрани са технологиите за реализиране на целевата платформа на база дефинираните изисквания и анализа на приложимите технологии, принципи и архитектурни подходи.

## Глава VI Концептуален модел на ВОП интеграционната платформа

Успешната реализация на хоризонтална визия на технологии, бизнес и приложения, налага необходимостта от отвореност и стандартизация, които са основни изисквания за изграждането на унифицирани интелигентни системи. Осигуряването на интеграционна платформа за реализация на ВОП е начинът за неговото реализиране като отворена екосистема в света на Интернет на Нещата, в която равноправно и интелигентно си кооперират хора и *неща* в контекста на образованието, без тази взаимосвързаност да бъде ограничавана географски, технологично, социално или концептуално. Фигура 5 представя обобщения модел на ВОП Интеграционна Платформа за реализирането ѝ като екосистема в Интернет на Нещата, адресираща динамичната и хетерогенна среда от свързани устройства, услуги и приложения.

Интеграционната платформа за реализиране на ВОП като екосистема в Интернет на Нещата трябва да е базирана на гъвкав, разширяем и скалируем интеграционен сървър, който да гарантира абстракция на приложни и комуникационни протоколи, унифицирано представяне и прозрачно взаимодействие на свързаните обекти и възможности за автономно поведение на свързаните устройства и услуги посредством автоматизирано изпълнение на правила, базиран на събития, както и интегриране на интелигентно поведение на компонентите в него. Интеграционният сървър може логически да бъде разделен на два основни компонента – микроуслуги и хранилища за електронно съдържание. В центъра на платформата е интегрирана мултиагентна система, което е достъпно за всеки един компонент от платформата посредством унифициран REST интерфейс.

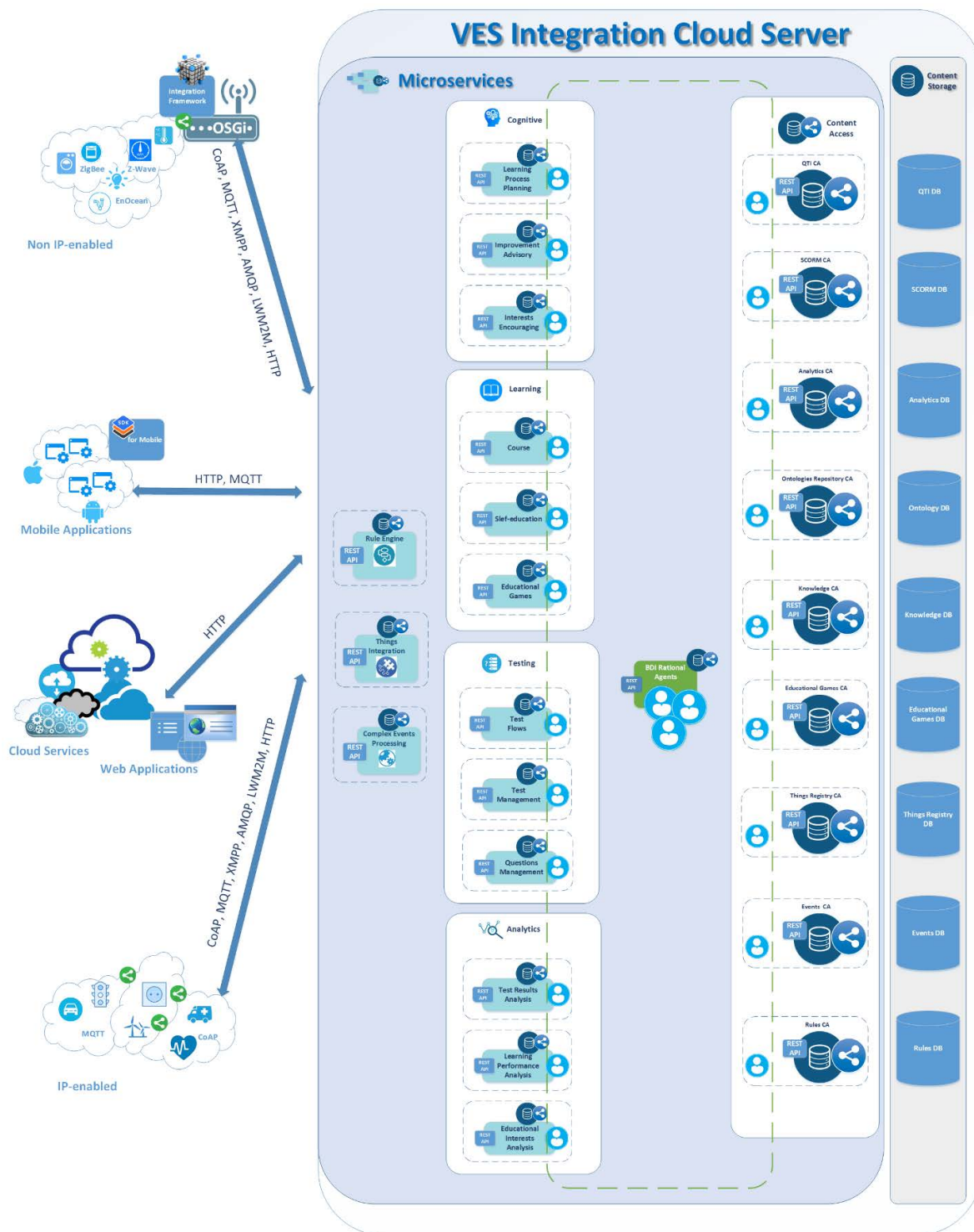
Микроуслугите в платформата могат да бъдат разделени на три основни групи – системни, образователни и осигуряващи достъп до данни. Системните са микроуслуги, които са задължителни за платформата – поддържат вътрешния абстрактен модел на *нещо* и самата интеграция на нови *неща* (Things Integration), обработват и агрегират събитията в екосистемата (Complex Events Processing), осъществяват автономно поведение на компоненти и независимо задвижване на вътрешни механизми (Rule Engine). Втората група от микроуслуги са насочени към имплементиране на образователни аспекти, като за всеки аспект са групирани определени микроуслуги – обучение (Learning), тестване (Testing), анализиране на образователните процеси (Analytics), проактивно подпомагане на интереси и усъвършенстване на процеси и знания (Cognitive). Тъй като всеки вид персистентна информация в платформата се съхранява в специализирано за това хранилище, то третата група от микроуслуги предоставя достъп до тези хранилища. Всяко хранилище е снабдено с микроуслуга, която имплементира необходимия интерфейс за работа с хранилището и предоставя достъпа до данните в него през унифициран REST интерфейс.

Тъй като платформата трябва да интегрира всякакви *неща* – от IP-идентифицируеми устройства (MQTT, CoAP) до такива с ограничен безжичен обхват, то за последните е предвидено използване на OSGi гейтуеи, които да осъществят отдалечената връзка на такива устройства с платформата. Платформата е достъпна за уеб и мобилни приложения, както и е отворена е за интеграция с външни облачни услуги.

Дефинирана е обща методология за интегриране на нови образователни аспекти в платформата. Тя се базира за групиране на функционалностите чрез използване на общия за платформата Jandex REST интерфейс за достъп до мултиагентната платформа. Създава се хранилище за специфичните нужди на данните, с които ще работят дефинираните микроуслуги, като към това хранилище се имплементира и предоставя в платформата специализиран компонент, който да осигурява достъпа

## Изграждане на Виртуално Образователно Пространство като Екосистема в Интернет на Нещата

до съдържанието. Всички услуги трябва да предоставят унифициран REST интерфейс към всички останали вече съществуващи в платформата такива.



Фигура 5 Концептуален модел за реализация на ВОПИП

## Глава VII Валидация на ВОПИП – интегриране на електронно тестване

Визията за интегрирането и реализирането на електронното тестване във ВОП винаги е била насочена към имплементиране на всички качества, които пространството притежава, но и предлага за всеки свързан в него компонент, а именно интелигентност, контекстна зависимост, сценарийно целево-ориентирано поведение и контролирана динамична среда. ВОП цели абстракция на цялостен образователен процес, което от своя страна прави електронното тестване неделима и задължителна част от него. От гледна точка на тестването, усвояването на характеристиките на пространството е мощен механизъм за реализиране на самите процеси на оценяване и изпитване по един много по-ефективен, персонализиран, контекстно-информиран и интелигентен начин, което е и главна цел на усъвършенстването на процесите с помощта на технологичен и концептуален напредък.

В процеса на разработване и прилагане на различни подходи за реализацията на електронното тестване във ВОП, водещата идея е изменяла както концепциите за реализация на електронното тестване, така и на самото пространство. Проблемите, с които се сблъсква реализацията, се оказват не само технологични, но и концептуални за ВОП. С помощта на анализа на подходите става възможно откриването на проблеми във ВОП като липса на свързаност, технологични предизвикателства за осъществяване на разпределена, но и единно-функционираща система, проблеми в разволя на приложения, както и използването на обща платформа за интеграция с външни услуги и системи. Архитектурните етапи на дефиниране на електронното тестване следят, но и движат еволюцията на концепцията за ВОП, както и реализирането му под формата на силно децентрализирана, но и свързана интеграционна система, която интегрира успешно своя абстрактен концептуален модел в парадигмата Интернет на Нещата.

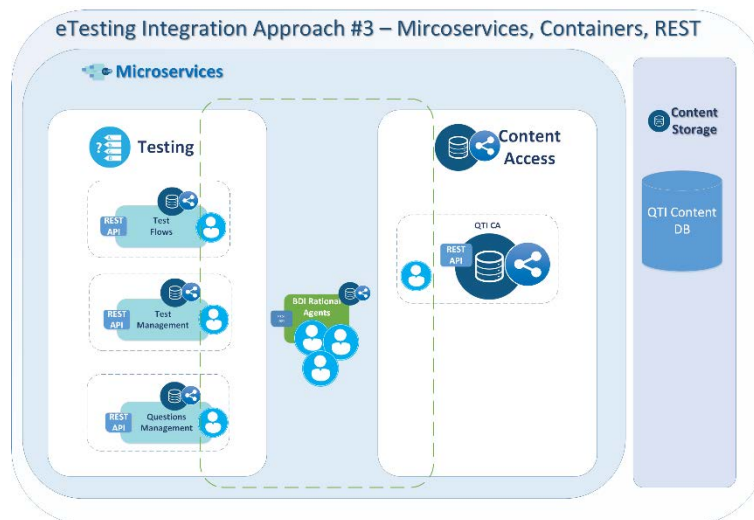
Интегрирането на електронното тестване във ВОП преминава през няколко етапа – базиране на Grails и Web Services Integration Gateway, прилагане на Jandex Active Components и REST и имплементиране на методологията за интегриране във ВОПИП. Първоначалните два етапа в реализирането на електронно тестване във ВОП [25,166] биват естествено ръководени от проблемите, които възникват от липсата на интегрирана платформа, която да обединява хетерогенни услуги, данни и технологии. Друг генерален проблем, с който се сблъсква интеграцията на електронното тестване и в двата етапа е монолитният поход за изграждане на системата, който прави динамична свързаност на информация и услуги с останалите компоненти във ВОП почти невъзможна.

Така естествено се стига до третия етап на реализиране на електронното тестване – а именно интегрирането му във ВОПИП. Последният архитектурен подход за реализацията на електронното тестване във ВОП е базиран на цялостната нова концепция за ВОП, основана на *същности*, преведана в термините на парадигмата Интернет на Нещата. Новата визия за ВОП, както и дефинираната интеграционна платформа за неговата реализация като Интернет на Нещата екосистема, е в основата на подходите, технологиите и архитектурните решения за проектирането и имплементирането на електронното тестване във ВОП като динамична и свързана екосистема на действащи контекстно-зависими *неща*.

В новата дефиниция на подходи на реализация на ВОП (Фиг. 5.), интегрирането на електронното тестване е сравнително пряк подход, чрез възприемане и имплементиране на подходите за реализиране на самото пространство [105], а именно – микроуслуги, контейнери, достъп до функционалности чрез REST и споделен унифициран обектен модел, свързаност със средата и всички *неща* в нея на база комплексни събития, носещи контекстна времево-относителна информация. Подходът за пълна интеграция на електронното тестване във ВОПИП следва обща

методология за реализиране на тестовите функционалности под формата на микрослужби, осигуряване на интелигентното поведение на услугите чрез използване ресурсите на вече интегрираната във ВОПИП BDI Rational Agents микрослужба, която предоставя всички агентни ресурси за осъществяване на интелигентно поведение, чрез REST интерфейс ().

Самото електронно тестване е реализирано като група от тестови микрослужби свързани към Jadex посредством унифициран REST интерфейс, имплементиране на микрослужба за достъп до QTI съдържанието (QTI CA), както и добавяне на специфично за нуждите на протокола хранилище за QTI данни (QTI Content DB).



Фигура 6 Интегриране на електронно тестване във ВОПИП

Успешната реализация на електронно тестване в така дефинираното концептуално и технически ВОП е показателно за приложимостта на концепциите и моделите, обект на дисертационния труд. Самата интеграция на електронното тестване следва общоприета методология за интегриране във ВОПИП, а именно – функционална декомпозиция, балансиране на натоварването чрез използване на контейнери, реализира на хранилище, съобразено със специфичните нужди на съхраняваните данни и предоставяне на микрослужба, споделена в цялото пространство за достъп до това хранилище. Интеграцията на електронното тестване в обновения модел на ВОП гарантира неговата устойчивост, сигурна работа, но и нови хоризонти за развитие, свързани с непроучвани до сега взаимодействия на електронното тестване с всички останали образователни услуги, а и не само – с целия заобикалящ свят.

## Авторска справка за резултатите в дисертационния труд

### Резултати

Резултатите, представени в дисертационния труд, могат да се обобщят както следва:

1. Дефиниран е нов йерархичен концептуален модел на Виртуално Образователно Пространство, базиран на *същности*. За дефинирането на този концептуален модел е приложен анализ на възможности за моделиране на знания и образование, което е основа за изчистване на дефиницията на базовите термини, а именно *същност* и *среда*. В дефинирания *същностен концептуален модел* е построено йерархично структуриране на аспекти на цялостния образователен процес с високо ниво на абстракция, което позволява и анализ на концептуални съвместимости с други концепции като например тези, дефинирани от парадигмата Интернет на Нещата. Нестандартен подход за дефинирането на *среда* в йерархията от *същности* предоставя пълно им хоризонтално унифициране в пространството, което е предпоставка за търсене на реализация на тази концепция като Интернет на Нещата екосистема.
2. Дефиниран е общ концептуален модел за реализация на интеграционна платформа за реализиране на Интернет на Нещата екосистеми – в частност ВОП. Дефинирани са концептуалните изисквания към такава платформа за постигане на пълна реализация на парадигмата и имплементирането ѝ безпроблемно в хетерогенна и динамична среда. Дефинирани са общ абстрактен обектен модел на *нещо* и *събитие*, които са в основата на платформата, която цели унифициране на физически обекти и софтуерни компоненти. Дефинирани са подходи за реализирането на рамки за развойна дейност на приложения за интеграционната платформа, което да подпомогне нейното развитие, а и само по себе си е концептуален анализ за реализираното ниво на отвореност на дефинираната платформа.
3. Разработена е методология за интегриране на нови компоненти във ВОП интеграционна платформа за Интернет на Нещата за постигане на пълната им информационна и семантична свързаност с целевата среда на база анализирани на приложимостта на използваните във ВОПИП методи в различните аспекти на софтерно инженерство и технологии. Методологията дефинира основни архитектурни, технологични и компонентни принципи за интеграция, които осигуряват абстракция на ниво *нещо* в рамките на платформата, но и в глобалната Интернет на Нещата екосистема.
4. Реализация на интеграционна платформа за Виртуално Образователно пространство в Интернет на нещата. Това е първа версия на реализация на дефинирания *същностен концептуален модел* на ВОП като Интернет на нещата екосистема. Платформата е имплементация на общо модел за интеграционна платформа за Интернет на Нещата, предоставяща възможност за свързване на всякакви устройства, хора и *неща*, както и пълно интегриране на ВОП като екосистема.
5. Интегрирано е електронно тестване във ВОПИП чрез прилагане на дефинираната обща методология за интеграция в платформата за Интернет на Нещата. Това дава възможност за използването на технологията електронно тестване за постигане на реален и ефективен процес на взаимодействие между човек и техника по време на тестови сценарии чрез непосредствената свързаност на тест, човек, устройство и *неща*, унифицирани концептуално чрез постигане на пълната интеграция на тестването във ВОП.

Таблица 1 показва връзката между резултатите, структурата на дисертационния труд и направените публикации.

Резултат	Тип	Задача	Публикация	Глава
1	Научно-приложен	1	2	II, III, IV
2	Научно-приложен	2, 3		V, VI
3	Научно-приложен	3		V, VI
4	Научно-приложен	4		VI, VII
5	Научно-приложен	4	1, 2, 3, 4	VII

Таблица 1 Граф на дисертационния труд

## Перспективи

За бъдещото развитие на получените в дисертацията резултати са предвидени следните насоки:

1. Постепенно интегриране на отделните настоящо съществуващи системи във ВОПИП чрез прилагане на принципите на общата методология за интеграция, както и за реинженеринг от монолитни и базирани на услуги архитектури към функционално декомпозирани и скалируеми.
2. Развитие и пълно имплементиране на предоставения концептуален модел на рамка за прозрачна интеграция на устройства с ограничен обхват (Things Integration Framework). Развиването на рамката може да бъде поставено в бъдещи образователни курсове обучаващи се с интерес към системи с ограничени хардуерни ресурси и OSGi.
3. Развитие и пълно имплементиране на предоставения концептуален модел на Инструменти за разработка на приложения за мобилни устройства (Software Development Kit for Mobile) за ВОПИП. Развиването на рамката може да бъде поставено в бъдещи образователни курсове за обучаващи се с интерес към разработване на графични среди за софтуерен развой (Graphical Development Environment).
4. Постигане и анализ на пълната имплементация на ВОП като Интернет на Нещата екосистема и влиянието на свързаността ѝ със заобикалящия свят върху методологиите за дефиниране на интеративни образователни подходи, както и научни изследвания.
5. Еволюцията парадигмата Интернет на Нещата продължава – Интернет на Всичко (Internet of Everything) [9]. Все по-високото ниво на абстракция, което парадигмите дефинират, трябва да бъде възможно реализируемо във ВОП, за да осигурни неговата безпроблемна свързаност със света и хората. Преминаването от *неща* към *всичко* е генерализация на абстракцията, което от своя страна е ново предизвикателство пред ВОП. Възможностите и реализацията в контекста на тази парадигма трябва да бъдат проучени и изследвани.



## Благодарности

Искам да изкажа своите благодарности на хората, без които резултатите от дисертационния труд не биха били възможни.

Благодаря на научния си ръководител – проф. д-р Станимир Стоянов – за напътствията и постоянната подкрепа и възможности, които откриваше пред мен през годините.

Благодаря на гл. ас. д-р Емил Дойчев за помощта в техническите прототипни реализации в процеса на еволюция на концепции и идеи.

Благодаря на родителите си за постоянната им подкрепа и всеотдайност, без които малките трудности се превръщат в големи непреодолими пречки.

### Публикации по дисертационния труд

1. S. Stoyanov, A. Stoyanova-Doycheva, E. Doychev, K. Gramatova, Virtual Education Space, The Journal of Applied Science, Applied Science University, Kingdom of Bahrain, Vol, 1(1), 2016, ISSN 1764-2210, 24-40.
2. K.Gramatova, S. Stoyanov, E. Doychev, V. Valkanov, Integration of eTesting in an IoT eLearning ecosystem: Virtual eLearning Space, BCI 2015, 14:1-14:8
3. Emil Doychev, Konstantina Gramatova, Nikolay Dimitrov, eTesting in Virtual eLearning Space, Proceedings of the International Conference “From DeLC to VelSpace”, Plovdiv, 26–28 March 2014, Third Millennium Media Publications, ISBN: 0-9545660-2-5
4. Е. Дойчев, К. Граматова, А. Стоянова-Дойчева, И. Попчев, Образователен портал DeLC 2.0, Международна научна конференция “Хоризонти в развитието на човешките ресурси и знанието”, Бургаски Свободен Университет, 2015, стр. 411-418

## Библиография

- [1] Advanced Distributed Learning, <http://www.adlnet.org/>
- [2] Allemang, D., Hendler, J., Semantic Web for the Working Ontologist., 2011, Elsevier, ISBN: 978-0-12-385965-5.
- [3] Allemang, D., Hendler, J., Semantic Web for the Working Ontologist.: Elsevier, 2011, ISBN 978-0-12-385965-5.
- [4] Al-Sammaraie, M. H., Ph.D. Thesis: Policy-based Approach For Context-aware Systems. Leicester, UK: STRL, De Montfort University, 2011.
- [5] ARIADNE, <http://www.ariadne-eu.org/>
- [6] Ashton, K., "That 'Internet of Things' Thing", RFID Journal, 2009.
- [7] Augur, H., "IoT in education: the internet of school things", <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/iot-education/>
- [8] Bakardjieva, T., Kosev, K., Poryazov, P., Course Development Module in Open Source eLearning platform ESCHOOL, In: Proc. Of the International Conference "Informatics in the Scientific Knowledge 2008", 26-28 June 2008, Varna, pp.315-328, 2008. ISSN 1313-4345, ISBN – 10:954-715-303-X, ISBN-13:978-954-715-303-5
- [9] Batalla, J. M., Mastorakis, G., Mavromoustakis, C. X., Pallis, E., Beyond the Internet of Things: Everything Interconnected, Springer, 2016
- [10] Behmann F., Wu, K., Collaborative Internet of Things (C-IoT): for Future Smart Connected Life and Business, John Wiley & Sons, 2015
- [11] Berners-Lee, T., Handler, J., Lassila, O., "The Semantic Web", Scientific American , no. 284, pp.34-43, May 2001.
- [12] Bolchini, C., Curino, C. A., Quintarelli, E., Schreiber, F. A., Tanca, L., A data-oriented of context models.: SIGMOD, 2007.
- [13] Bonchev, B., Iliev, T., ARCADE – Web-based Authoring and Delivery Platform for Distance Education, In: Proceedings of the 1st Balkan Conference in Informatics, 21-23 November, Thessaloniki, Greece, 2003, pp. 293-306.
- [14] Brown, P. J., "The stick-e document: a framework for creating context-aware applications", 1996.
- [15] Cardekku, K., Gordon, A., "Mobile ambients", Theoretical Computer Science, pp. 177-213, 2000.
- [16] Cheng, H. C., Liao, W. W., Establishing a Lifelong Learning Environment Using IoT and Learning Analytics, The 14th International Conference on Advanced Communication Technology(ICACT2012), Phoenix Park, PyeongChang, Korea (South), ISBN 978-89-5519-163-9, 1178-1183
- [17] Chilamkurti, N., Zeadally, S., Chaouchi, H., Next-Generation Wireless Technologies: 4G and Beyond, Springer-Verlag London (2013). (pp. 190-192)
- [18] Chilamkurti, N., Zeadally, S., Chaouchi, H., Next-Generation Wireless Technologies: 4G and Beyond. Springer, London (2013). (pp. 190-192)
- [19] Coradeschi, S., Saffiotti, A., "Symbolic Robotic Systems: Humans, Robots and Smart Environments", IEEE Intelligent Systems, vol. vol 21, no 3, pp. 82-84, 2006.
- [20] Cruz-Cunha, Manuela, M., Handbook of Research on Social Dimensions of Semantic Technologies and Web Services, IGI Global, 2009, pp. 328-330
- [21] Dey, A. K., "Understanding and Using Context", Personal and Ubiquitous Computing Journal, vol. 5, no. 1, pp. 4-7, 2001.
- [22] Dey, A. K., Abowd, G. D., The context toolkit: Aiding the development of context-aware applications., 1999.
- [23] Dillenbourg, P., Schneider, D.K., 7 Synteta Synteta P (2002). Virtual Learning Environments. In A. Dimitracopoulou (Ed). Proceedings of the 3rd Hellenic Conference "Information & Communication Technologies in Education" (pp. 3-18). Kastaniotis Editions, Greece

## Изграждане на Виртуално Образователно Пространство като Екосистема в Интернет на Нещата

- [24] Domingo, M. G., Forner, J. M., Expanding the learning environment: combining physicality and virtuality. The Internet of Things for eLearning, 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Tunisia, 2010, 730–731.
- [25] Doychev, E., Gramatova, K., Dimitrov, N., eTesting in Virtual eLearning Space, Proceedings of the International Conference “From DeLC to VelSpace”, Plovdiv, 26–28 March 2014, Third Millennium Media Publications, ISBN: 0-9545660-2-5
- [26] Dr. Vermesan, O., Dr. Friess, P., Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems, Denmark: River Publishers, 2013. European Research Cluster on the Internet of Things, E-Book. 09/2014
- [27] Eide, S., Kristensen, T., Lamo, Y., A Model for Dynamic Content Based E-learning system, In ACM Proceedings EATIS, Aracaju, Brazil, 2008.
- [28] Ganchev, I., Stojanov, S., Meere, D., O’Droma, M., "InfoStation-based mLearning System 128 Architectures: Some Development Aspects" в The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT’08), Santander, Spain, 2008, pp. 504-505.
- [29] Ganchev, I., Stojanov, S., O’Droma, M., Meere, D., "An InfoStation-Based University Campus System Supporting Intelligent Mobile Services", Journal of Computers, vol. 2, no. 3, pp. 21-33, 2007.
- [30] Ganchev, I., Stoyanov, S., Valkanova, V., O’Droma, M., "Service-oriented and Agent-based Architecture Supporting Adaptable Context-Aware Provision of Mobile e-Learning Services" в IADIS e-Learning 2010 Conference, Freiburg, Germany, 26 - 29 July 2010, pp. 97-104.
- [31] Gehrke, J., Liu, L., "Sensor Network Application", IEEE Internet Computing, vol. vol 10, no. 2, pp.16-17, 2006.
- [32] Gilbert, D., IBM Intelligent Agent Strategy.: White Paper, 1995.
- [33] Glushkova, T., E-learning environment for support of secondary school education, Cybernetics and Information Technologies (CIT), Vol. 7, No 3, p.89-106, 2007, ISSN: 1311-9702
- [34] Glushkova, T., Stoyanova, A., "Interaction and adaptation to the specificity of the subject domains in the system for e-Learning and distance training DeLC" в International Scientific Conference "Informatics in scientific knowledge", June 2008, Varna Free University "Chernorizets Hrabar".
- [35] Gramatova, K., Stoyanov, S., Doychev, E., Valkanov, V., Integration of eTesting in an IoT eLearning ecosystem - Virtual eLearning Space, BCI '15, September 02-04, 2015, Craiova, Romania, © 2015 ACM, ISBN 978-1-4503-3335-1/15/09, DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2801081.2801086>, Art. 14.
- [36] Greeno, J. G., Collins, A., Resnick, L. B., “Cognition and Learning,” in D.C. Berliner, Calfee R.C. Robert (eds): Handbook of Educational Psychology. New York, Macmillan Library Reference, USA, 1996.
- [37] Hay, D., Kinchin, I. M., “Using Concept Mapping to Measure Learning Quality,” in Education & Training, pp 167- 182, 2000.
- [38] Hayes-Roth, Barbara, "An Architecture for Adaptive Intelligent Systems", Department of Computer Science, Stanford University, Scientific report STAN-CS-TR-93-1496, 1993.
- [39] Holler, Jan, et al. , From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence, Academic Press, 2014
- [40] HP Learning Center, <http://h30187.www3.hp.com/>
- [41] IdeaPaint, Bounce, <http://www.ideapaintglobal.com/article/bounce>
- [42] IEEE Standards Association, “Internet of Things (IoT) Ecosystem Study”, 2015, <http://standards.ieee.org/innovate/iot/study.html>
- [43] IMS Question & Test Interoperability Specification, <https://www.imsglobal.org/question/index.html>
- [44] IMS Common Cartridge Specification. <https://www.imsglobal.org/cc/index.html>
- [45] IMS Global Learning Consortium, <https://www.imsglobal.org/>

- [46] IPEVO, IW2 Wireless Interactive Whiteboard System ,  
[https://www.ipevo.com/prods/IW2\\_Wireless\\_Interactive\\_Whiteboard\\_System](https://www.ipevo.com/prods/IW2_Wireless_Interactive_Whiteboard_System)
- [47] Kelly, T., “The 4A Vision: anything, anywhere, by anyone and anything”, ITAHK Luncheon, 2005,  
[http://www.cahk.hk/Event/30/images/Luncheon\\_Dec2005\\_Powerpoint.pdf](http://www.cahk.hk/Event/30/images/Luncheon_Dec2005_Powerpoint.pdf)
- [48] Kimsey, T., Jeffords, J., Moghaddam, Y., Rucinski, A., “An IoT Based Service System as a Research and Educational Platform”, Springer, Cham, DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16211-9\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16211-9_26), ISBN 978-3-319-16210-2
- [49] Kristensen, T., Hinna, K., Hole, G. O., Lamo, Y., “Different E-learning paradigms - a Survey,” in Proceeding of MIT-LINC (Massachusetts Institute of Technology Learning International Network Consortium 4.th International Conference: Technology-Enabled Education: a Catalyst for positive Change. Amman, Jordan, October, 2007.
- [50] Kristensen, T., Lamo, Y., Mughal, K., Tekle, K. M., Bottu, A.K., “Towards a dynamic, content based e-learning platform,” in V. Uskov, editor, Computers and Advanced Technology in Education. ACTA Press, pp 107–114, 2007.
- [51] Lamri, M., Akrouf, S., Boubetra, A., Merabet, A., Selmani, L., Boubetra, D., From Local Teaching to Distant Teaching Through IoT Interoperability, International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL), Thessaloniki, Greece, 2014, DOI:10.1109/IMCTL.2014.7011115, 107–110
- [52] Li, L., Wang, F. Y., "Cooperative driving at blind crossings using intervehicle communication", IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol. vol 55, no 6, pp. 1712-1724, 2006.
- [53] Liu, B., "Intelligent Spaces: An Overview", IEEE , 2007.
- [54] Liuet, B., al. Intelligent Spaces: An Overview, IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, 13–15 Dec. 2007, Beijing, 978-1-4244-1266-2.
- [55] Lorincz, K., Malan, D. J., Fuford-Jones, "Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities", IEEE Pervasive Computing, vol. vol 3, no. 4, pp. 16-23, 2004.
- [56] Maes, Pattie, "Artificial life meets entertainment: life like autonomous agents", Communications of the ACM, vol. vol. 38, no. 11, pp. 108-114.
- [57] Marz, Nathan, Warren, James, Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems, Manning Publications, 2014. Manning Early Access Program, Manning Publications Co. E-Book, 09/2014
- [58] Meola, A., “How IoT in education is changing the way we learn”, <http://www.businessinsider.com/internet-of-things-education-2016-9>
- [59] Micro Soft Class Server, <http://www.microsoft.com/education/products/>
- [60] Moodle, <http://moodle.org/>
- [61] Mueller., E. T., Commonsense Reasoning An Event Calculus Based Approach. Elsevier, 2015.
- [62] Nenova, S., Modelling of a Web-based System for Distance Learning, PhD Thesis, Sofia, 2004 (in Bulgarian).
- [63] Pal, A., Purushothaman, B., “IOT Technical Challenges and Solutions”, Artech House, 2016, pp. 19-29
- [64] Pascoe, J., Adding generic contextual capabilities to wearable computers., 1998.
- [65] Pau, V. C., Mihailescu, M. I., Internet of Things and its Role in Biometrics Technologiesand eLearning Applications,13th International Conference on Engineering and Modern Electric Systems (EMES), Oradea, Romania, 2015, ISBN: 978-1-4799-7651-5, 177–180
- [66] Peters, J., “What will be the impact of IoT on education?”, <https://www.geektime.com/2016/03/07/what-will-be-the-impact-of-iot-on-education/>
- [67] Rafatirad, S., Gupta, A., Jain, R. “Event Composition Operators: ECO.” In EiMM 2009: Proc. 1st ACM Int. Presented at the Workshop on Events in Multimedia, New York, NY: ACM.

- [68] Rather, A.R., "Theory and Principles of Education", Discovery Publishing House, 2004
- [69] Razzaque, M. A., Milojevic-Jevric, M., Palade, A., Siobhán Clarke, Middleware for Internet of Things: A Survey, IEEE Internet of Things Journal, Vol. 3, No. 1, February 2016, 70-95.
- [70] Russel, Stuart, J., Norvig, P., Artificial Intelligence: A Modern Approach.: Prentice Hall, 2009.
- [71] Ryan, N. S., Pascoe, J., Morse, D. R., "Enhanced Reality Fieldwork: the Context-aware Archaeological Assistant", Computer Applications in Archaeology, vol. Tempus Reparatum, 1998.
- [72] Schilit, B. N., Theimer, M. M., Disseminating active map information to mobile hosts., 1994.
- [73] Schilit, B., Adams, N., Want, R., "Context-aware computing applications" в Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, IEEE Computer Society, 1994.
- [74] Schmidt, A., Laerhoven, K. V., How to build smart appliances.: IEEE Personal Communications, 2001.
- [75] SCORM 2004 Specification, <http://adlnet.gov/adl-research/scorm/scorm-2004-4th-edition/>
- [76] Severi, S., Sottile, F., Abreu, G., Pastrone, C., Spirito, M., Berens, F., "M2M Technologies: Enablers for a Pervasive Internet of Things", Academia. Academia, 2013. Publication. 09/2014
- [77] Siewe, F., Zedan, H., Cau, A., "The calculus of context-aware ambients", Journal of Computer and System Sciences, 2010.
- [78] Singh, M.P., Vouk, M.A., Network Computing. In: Webster, J.G. (ed.): Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 14 (Mu-Nu), John Wiley (1999) 114-132
- [79] SMART, <https://education.smarttech.com>
- [80] Stanford, V., "Using Pervasive Computing to Deliver Elder Care", IEEE Pervasive Computing, vol.vol. 1, no. 1, pp. 10-13, 2002.
- [81] Stoyanov, S., I. Ganchev, I. Popchev и M. O'Droma, "An Approach for the Development of a Context-Aware and Adaptive eLearning Middleware" in Intelligent Systems: From Theory to Practice, V. Sgurev et al., Ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010, pp. 519-535, ISBN: 978-3-642-13427-2.
- [82] Stoyanov, S., "Context-Aware and Adaptable eLearning Systems", STRL, De Montfort University, Leicester, UK, PhD Thesis 2012.
- [83] Stoyanov, S., Cholakov, G., Valkanova, V., Sandalski, M., "Personalized, Reactive and Proactive Providing of e-Learning Services" в EdiLib Conference , AACE E-Learn 2011 – World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Honolulu, Hawaii, USA, 17-21 October, 2011.
- [84] Stoyanov, S., Doychev, E., Stoyanova-Doycheva, A., Valkanova, V., Valkanov, V., "Education Cluster Supporting eTesting and eLearning in Software Engineering" в 2nd Annual International Conference on Web Technologies & Internet Applications, Bali, Indonesia, 2012, pp. 23-28.
- [85] Stoyanov, S., Ganchev, I., Mitev, D., Valkanov, V., O'Droma, M., "Service-oriented and Agentbased Architecture Supporting Adaptable, Scenario-based and Context-aware Provision of Mobile e-Learning Services", International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications, vol. 3, pp. 771-779, 2011, ISSN 2150-7988.
- [86] Stoyanov, S., Ganchev, I., O'Droma, M., Zedan, H., Meere, D., Valkanova, V., "Semantic Multi-Agent mLearning System" in Semantic Agent Systems: Foundations and Applications, A. Elci, M.T. Kone, and M. A. Orgun, Eds.: Springer Verlag, 2011, vol. 344, ISBN: 978-3-642-18307-2.
- [87] Stoyanov, S., Ganchev, I., Popchev, I., O'Droma, M., "An Approach for the Development of InfoStation-Based eLearning Architectures", vol. 61, no. 9, pp. 1189-1198, 2008.
- [88] Stoyanov, S., Ganchev, I., Popchev, I., O'Droma, M., Venkov, R., "DeLC – Distributed eLearning Center" в 1st Balkan Conference in Informatics BCI'2003, Thessaloniki, Greece, ISBN 960-287-045-1 , 2003, pp. 327-336.

## Изграждане на Виртуално Образователно Пространство като Екосистема в Интернет на Нещата

- [89] Stoyanov, S., Ganchev, I., Popchev, I., O'Droma, M., Valkanova, V., "Agent-Oriented Middleware for InfoStation-based mLearning Intelligent Systems" в 5th IEEE International Conference on Intelligent Systems IS'10, London, IEEE Catalog Number: CFP10802-CDR, ISBN:978-1-4244-5164-7, Library of Congress:2009934065 , 07.07 – 09.07.2010, pp. 91-95.
- [90] Stoyanov, S., Popchev, I., Doychev, E., Mitev, D., Valkanov, V., Stoyanova-Doycheva, A., Valkanova, V., Minov, I., "DeLC Educational Portal", Cybernetics and Information echnologies (CIT), vol. 10, no. 3, pp. 49-69, 2010.
- [91] Stoyanov, S., Stoyanova-Doycheva, A., Chigrichenko, M., "Improving the creativity in software engineering education with Refactoring Learning Environment" в Second International Conference Creativity and Inovation in Software engineering, Ravda, Bulgaria, 2009.
- [92] Stoyanov, S., Stoyanova-Doycheva, A., Doychev, E., Gramatova, K., Virtual Education Space, The Journal of Applied Science, Applied Science University, Kongdom of Bahrain, Vol, 1(1), 2016, ISSN 1764-2210, 24-40.
- [93] Stoyanov, S., Valkanov, V., Popchev, I., Doychev, E., A model of context-aware agent architecture, Article in Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences: sciences mathématiques et naturelles 67(4):487-496 · January 2014
- [94] Stoyanov, S., Valkanova, V., Cholakov, G., Sandalski, M., "Education Portal for Reactive and Proactive Service Provision" в The Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications (COGNITIVE 2011), Rome, Italy, September 25-30, 2011.
- [95] Stoyanov, S., Zedan, H., Doychev, E., Valkanov, V., Popchev, I., Cholakov, G., Sandalski, M., Intelligent Distributed eLearning Architecture In: Intelligent Systems (ed. V. M. Koleshko), InTech, March, 2012, 978-953-51-0054-6, 185–218.
- [96] Stoyanova - Doycheva, A., Doychev, A., Ivanova, V., Stoyanov, S., DiLibS Platform for a Virtual Education Space, Proceedings of the 2015 Balkan Conference on Informatics: Advances in ICT, septempber 2015.
- [97] Stoyanova, A., Glushkova, T., "Model for implementation of interactive distance learning" в International Scientific Conference "Informatics in scientific knowledge", Varna, June 2010, Varna Free University "Chernorizets Hrabar".
- [98] Stoyanova-Doycheva, A., "A Software Refactoring Process and the Supported Tools" в Fourth International Conference for Informatics and Information Technology, Bitola, Macedonia, 11-14 Dec 2003, pp. 70-77, ISBN 9989-668-45-0.
- [99] Stoyanova-Doycheva, A., "Development of Refactoring Learning Environment" в Research and Education in Mathematics, Informatics and their Applications, Plovdiv, Bulgaria, December 2010.
- [100] Telecommunication Standardization Sector of ITU, "Terms and definitions for the Internet of things", International Telecommunication Union. International Telecommunication Union, 07/2012. Recommendation. 09/2014
- [101] The IBM Learner Portal, <https://www-04.ibm.com/jct03001c/services/learning/ites.wss/us/>
- [102] Todorov, J., Daskalov, B., Stoyanov, S., Popchev, I., Valkanov, V., Learning Intelligent System for Student Assistance – LISSA, 2016 IEEE 8 th International Conference on Intelligent Systems, 4-6 September, Sofia, 748-753
- [103] Toth, Toth, P., "Virtual learning aspects of curriculum development in technical teacher training", in INES'06. Proceedings. Int. Conference on Intelligent Engineering Systems, London, 2006, pp. 308-313
- [104] US National Science Foundation. (2008) Cyber-Physical Systems (CPS) "NSF 08-611". <http://www.nsf.gov/pub/2008/nsf08611/nsf08611.htm>
- [105] Valkanov, V., Stoyanov, S., Valkanova, V., Building a Virtual Education Space, The 19th World Multi-Conference on Systematics, Cybernetics and Informatics, July 12-15, 2015, Orlando, Florida, USA, 322–326
- [106] Valkanov, V., Stoyanova-Doycheva, A., Doychev, E., Radeva, I., AjTempura - First Software Prototype of C3A Model, IEEE International Conference Intelligent Systems IS'2014, At Warsaw, Poland, Volume: I, pp.427-435, DOI: 10.1007/978-3-319-11313-5\_38
- [107] Wang, F. Y., "The Emergence of Intelligent Enterprises", From CPS to CPSS, IEEE Intelligent Systems, pp. 85-88, July/August 2010.
- [108] Wang, F. Y., Driving into the future with ITS. IEEE Intelligent System, 21, No 3 (2006), 94–95.

## Изграждане на Виртуално Образователно Пространство като Екосистема в Интернет на Нещата

---

- [109] Westermann, U., Jain, R. 2007. "Toward a Common Event Model Formula Timed Applications." IEEE Multi Media 14: 19-29.
- [110] Wooldridge, M., An Introduction to MultiAgent Systems. Wiley, 2009.
- [111] Wooldridge, M., Jennings, N. R., Intelligent agents: theory and practice.: The Knowledge Engineering Review, 1995.
- [112] Wooldridge, M., Reasoning about Rational Agents. The MIT Press, 2000.
- [113] Xue, R., Wang, L., Chen, J., Using the IOT to Construct Ubiquitous Learning Environment, in Proceedings of the Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), Inner Mongolia, China, 2011, ISBN: 978-1-4244-9436-1, 7878–7880
- [114] Yang, B., Nie, X., Shi, H., Gan, W., M-learning Mode Research Based on Internet of Things, Published in: Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), Zhenzhou, China, 2011, ISBN: 978-1-4577-0535-9, 5623–5627
- [115] Вълканов, В., "Изследване за ВОП в средното училище", ИИКТ, София, 2013.
- [116] Дойчев, Е., Граматова, К., Стоянова-Дойчева, А., акад. Попчев, И., Образователен портал DeLC 2.0, Международна научна конференция "Хоризонти в развитието на човешките ресурси и знанието", Бургаски Свободен Университет, 2015г., стр. 411-418
- [117] Дойчев, Е., Среда за електронни образователни услуги. Пловдив: Пловдивски университет "П. Хилендарски", 2013.
- [118] Орозова, Д., Стоянов, С., Попчев, И., "Виртуално образователно пространство" в Научна конференция с международно участие „Знанието – традиции, иновации, перспективи”, Бургас, 2013, приета за печат.
- [119] Стоянов, С., Изграждане на кибер-виртуални пространства, Национална научна конференция „Образование и наука – за лично и обществено развитие”, 27-28 октомври 2017, Смолян, 6-21
- [120] Стоянова-Дойчева, А., "Автоматизирано средство за навигация на процеси за refactoring" в Национална научна конференция "Информатиката в научното познание", юни 2004, Варненски Свободен Университет "Черноризец Храбър".
- [121] Стоянова-Дойчева, А., "Дефиниране на процес и средства за рефакторинг в обучението по софтуерни технологии", Пловдивски университет, дисертационен труд 2011.
- [122] Чолаков, Г., "Хибридна архитектура за изграждане на Разпределен център за електронно обучение (DeLC)", Пловдивски университет, дисертация 2013.