

Пловдивски университет
„Паисий Хилендарски“



Факултет по математика и информатика
Катедра „Компютърни системи“

**Темпорални аспекти на виртуално
образователно пространство**

Михаил Тодоров Петров

АВТОРЕФЕРАТ

За присъждане на образователната и научна степен „доктор“
в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика,
професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки,
докторска програма Информатика

научен ръководител

доц. д-р. Владимир Вълканов

Пловдив, 2022 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от катедрения съвет на Катедра „Компютърни системи“ на Факултет по математика и информатика при Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ на 25.02.2022 г.

Дисертационният труд **Темпорални аспекти на виртуално образователно пространство** съдържа **245 страници** съдържателна информация и **9 страници** приложения. Библиографията включва **100** източника. Списъкът на авторските публикации се състои от 5 заглавия. В автореферата номерацията на формулите, цитиранията и примерите съвпада с тяхната номерация в дисертационния труд.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на в Заседателната зала на Нова сграда на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ (бул. “България” No 236).

Материалите по защитата са на разположение на интересувалите се в секретариата на Факултет по математика и информатика на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, (бул. “България” No 236, Пловдив), каб. 330, всеки работен ден от 8:30 до 17:00 ч.

Автор: Михаил Тодоров Петров

Заглавие: Темпорални аспекти на виртуално образователно пространство

Пловдив, 2022 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

УВОД Въведение в проблематиката на дисертационния труд.....	1
1 Актуалност на проблематиката	1
2 Цели и задачи.....	2
3 Методика на изследването.....	3
4 Структура на дисертационния труд.....	3
ОБЗОР Характеристика на системите за активно подпомагане на учебния процес	4
1 Направления, в които се развиват СПУП	4
2 Референтна архитектура на ВОП.....	5
3 Инструменти за моделиране на темпорални аспекти.....	5
Глава 1. Познавателно-кумулятивни процеси	6
1 Формални модели за представяне на знания	6
2 Архитектура на познавателно-кумулятивен процес (ГкП)	6
Глава 2. Моделиране на темпорални аспекти	8
1 Формално представяне на темпорални аспект.....	8
2 Специфични темпорални аспекти	9
Глава 3. Моделиране на аналитично-темпорални процеси	11
Глава 4. SystemTempura.....	15
1 Синтаксис и спецификация.....	15
2 Архитектура на SystemTempura.....	17
Глава 5. Архитектура на платформа за адаптивно обучение базирана на темпорални аспекти	19
1 Архитектура на UniPlayground.....	19
2 Работен цикъл на самостоятелна активност	22
Глава 6. Разработка и апробация	23
1 Пътна карта за имплементация на прототипи	23
2 Използвани софтуерни продукти и решения	24
3 Апробация.....	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ Резюме на получените резултати	27
1 Резултати и приноси	27
2 Перспективи за бъдещо развитие	29
БИБЛИОГРАФИЯ Използвана литература	30

Въведение в проблематиката на дисертационния труд

Настоящият дисертационен труд, разглежда ролята на адаптивните системи за управление на учебния процес от гледна точка на времето, което обучаващите се прекарват в работа с тях. Разработката се фокусира върху работата с автономни информационни инструменти, които имат за цел да подпомогнат процеса по обучение на разработчици на софтуерни приложения.

Основно място в научния труд, заема анализа на поведение на обучаващите се агенти, една от слабостите на текущите изследвания, правени в тази област е свързана с negliжирането на начина, по който обучаващите се справят със задачите, които имат за цел да подпомогнат техните знания, както и да докажат прогреса им. Прави се задълбочено изследване на проактивните и реактивните дейности, на потребителите на образователни услуги, като се класифицира тяхната честота, специфики и потенциални съображения, които трябва да се имат предвид при наблюдението на подобен тип активности. Разработката дава теоретична и практическа рамка, която анализира в дълбочина грешките, които един обучаващ се може да допусне по време на усвояване или затвърждаване на знания. Контекста, в който се разглеждат примерите е насочен към обучението по компютърни науки, както в академичен така и в приложно практически контекст.

1 Актуалност на проблематиката

До скоро централизираното и окрупнено мислене при организирането на работните процеси, се трансформира в индивидуален процес, в рамките, на който учещи и преподаващи започнаха да консумират ежедневните си задачи в контекста на дигитални платформи, специализирани или адаптирани за провеждането на комуникационни сесии и обслужване на документооборота на ангажираните институции.

Сега повече от всякога, е необходимо и актуално да се изследват възможностите за управление на образователния процес базиран на индивидуалното темпо. Социалната среда е ограничена и рестриктивно дистанцирана, което прави актуалността на въпроса как да подобрим образователните процеси в контекста на дигиталната среда безкрайно актуален.

2 Цели и задачи

В настоящото изследване си поставяме следната основна цел.

ОСНОВНА ЦЕЛ на дисертационния труд

Създаде на принципен модел за анализ на поведението на обучаващи се потребители в контекста на среда за разработка, на приложен и алгоритмичен софтуер базиран върху темпорални аспекти , както и последващата му интеграция в софтуерна платформа.

Разделяме основната цел на две под цели.

под цел 1 (пц1)

Създаване на формален модел за анализ на поведението на обучаващи се потребители базиран върху времеви аспекти.

За да постигнем поставената цел дефинираме три задачи:

- **ПЦ1 Задача 1** - Формализиране и дефиниране на графичен език за описание на основните компоненти от процеса по акумулиране на формални знания.
- **ПЦ1 Задача 2** - Предлагане на механизъм за формално описание и последващо моделиране на темпорални аспекти в цифрова среда.
- **ПЦ1 Задача 3** - Създаване на формален модел, за профилиране, анализиране и адаптиране на поведението на потребителите на образователна услуга, в контекста на ВОП базирана платформа.

под цел 2 (пц2)

Разработка и внедряване на принципна архитектура на платформа за адаптиране на потребителско поведение, базирайки се на работа с практико-приложни инструменти.

За да постигнем поставената цел дефинираме три задачи:

- **ПЦ2 Задача 1** - Разработка и интеграция на предметно ориентиран език за описание на темпорални модели, с цел подпомагане на процеса по комуникация между споменатата адаптивна система и фасилитиращите агенти, ангажирани с администрирането на образователния процес;
- **ПЦ1 Задача 2** - Дефиниране на архитектура на адаптивна система за подпомагане на учебния процес, насочена към специализиран учебен материал, базирана върху темпорални аспекти;
- **ПЦ1 Задача 3** - Разработка и апробиране на прототип на адаптивна система за подпомагане на учебния процес.

3 Методика на изследването

За постигане на описаните задачи предлагаме следната методика:

1. Проучване на актуалните и популярни решение сред системите за подпомагане на учебния процес, виртуалните асистенти и специфичните средства за доставяне на образователно съдържание;
2. Аналитично формулиране на принципен модел, свързан с основните особености на изследването на потребителското поведение;
3. Разработка на архитектурна рамка, за ВОП платформа;
4. Техническа разработка на прототип, целящ валидирането на базов набор от услуги;
5. Апробиране на предложения прототип и анализиране на получените резултати;

4 Структура на дисертационния труд

Разработката се състои от **увод, обзор, 6 глави и заключение**. Увода има за цел да въведе, читателя в проблематиката, около която е организирано изследването, както и да даде структурната рамка на настоящето изследване

- **В Обзор.** Характеристика на системите за активно подпомагане на учебния процес - Се прави подробен анализ на инструментите, използвани в съвременното обучение, с цел даване на обратна връзка и подпомагане на процесите.;
- **В глава 1.** - Поставяме концептуалните основи на проблематиката за изследване на поведението на агенти;
- **В глава 2.** - Разглеждат се съществуващите механизми за управление на интервално темпорална логика, концепцията за времеви серии, както и механизмите за моделиране на времеви последователности в цифров контекст;
- **В глава 3.** - Комбиниране разгледаните до момента концепции, с цел моделиране на цялостни аналитични процеси, типични за системите за адаптиране на учебно съдържание;
- **В глава 4.** - Разглеждаме, техническата имплементация на **SystemTempura** стъпваща на формалните концепции за процес и темпорални събития;
- **В глава 5.** - Обръщаме специфично внимание на архитектурата на платформата UniPlayground. Системата е комбинация от съвременни принципи в разработката на софтуерни приложения, в контекста на web пространството;
- **В глава 6.** - Се прави пълно представяне на пътната карта на базата на която се проведе процеса по интеграция в реална учебна среда;
- **Заключителната последна глава** - Обобщава постигнатите резултати, както и дава обща оценка на приноса на автора към цялостната проблематика на разглежданата научна област.

Характеристика на системите за активно подпомагане на учебния процес

В основата на цифровите системи за подпомагане на учебния процес, е идеята за организация на база от знания, които да предоставят на обучаващите се набор от ресурси насочени към усвояване на материала в структуриран вид, тестване на техните компетенции, както и предоставяне на незабавна обратна връзка, за прогреса и усвоените компетенции.

Съвременния подход към образователните дисциплини се стреми да:

- Да изгражда компетенции;
- Да разглежда интердисциплинарни умения;
- Да бъде организирано около нуждите, темпото и подхода на обучаващият се.

За да се отговори на тези нужди, науката работи в направление създаване на софтуерни решения за подпомагане на учебния процес, чрез силната им интеграция в съвременната класна стая. В основата на всички системи за подпомагане на учебния процес може да бъде открит термина изкуствен интелект (**ИИ**).

В контекста на системите за подпомагане на учебния процес могат да бъдат разгледани два генерални типа системи, които обслужват тази идея:

- Адаптивни системи за управление на учебното съдържание;
- Интелигентни асистенти.

1 Направления, в които се развиват *СПУП*

Както вече видяхме, класифицирането на *ЦСПУП*, води след себе си възможността да насочим усилията си към изследване на различни микро аспекти от цялостното подобряване на процеса по тяхната интеграция в процесите свързани с придобиване на нови знания и умения. Ще класифицираме изследванията в 4 категории, като фокуса ще бъде модела, около който се обединяват изследванията:

- Когнитивно-поведенчески модели;
- Предметно-специфични модели;
- Модели оптимизиращи разбиране на материала;
- Модели организирани около потребителската интеракция.

2 Референтна архитектура на ВОП

В рамките на изследването, ще разглежда виртуалното образователно пространство със следната обобщена дефиниция

ДЕФИНИЦИЯ

Виртуално образователно пространство (ВОП) – Образователен софтуерен инструмент, съчетаващ в себе си набор от процеси и услуги насочени към събиране, фасилитиране и верификация на данни свързани с управлението на учебния процес и съдържание.

Формална представа за време в контекста на ВОП

Основния механизъм за управление на адаптивния процес е свързан с анализа на данни от извършването на определени действия свързани с конкретните възможности на представената платформа. По дефиниция адаптивните системи, са реакционно статични – като променят своето поведение само и единствено на базата на взети решения а не на активна интеракция.

3 Инструменти за моделиране на темпорални аспекти

Техническата имплементация на разгледаните концепции, би ни дала възможност да моделираме реални сценарии от проблематиката на софтуерната разработка, с помощта на инструментариума на темпоралната логика. Към настоящия момент съществуват няколко забележителни примера, за продукти, които са си поставили за цел да се справят с тази задача:

- Проекти базирани на Prolog
- C-Tempura и Ana Tempura
- **Темпорално базирани платформи като YAP, SWI, SICStus, XSB, tuProlog и LPA Prolog**

Представените темпорални диалекти показват естественото развитие на техническата имплементация при моделирането на темпорални формализми, но те съдържат в себе си набор от изявиени слабости, включващи но не изчерпващи се с:

- Сложен темпорален синтаксис
- Липса на интеграционни интерфейси
- Трудна разширяемост на имплементациите

Познавателно-кумулятивни процеси

В основата на адаптивния процес е заложена идеята за следване на самостоятелно определен и силно специфичен път по придобиване на знания и умения. В настоящата глава искаме да разгледаме не само механизмите за управление на адаптацияните процеси, но и специфично да представим идеите на процесите свързани с профилиране на потребителите на образователни услуги.

1 Формални модели за представяне на знания

Формализирахме основните компоненти на една адаптивна образователна система, като в основата ѝ позиционирахме механизмите за съхранение на информация. Основния въпрос, на който трябва да си отговорим преди да продължим е какви са популярните процеси за представяне на знания. Ще използваме като основа, един от най-популярните модели – така наречения Бейсов алгоритъм.

В основата си модела дефинира, знанията като множество от бинарни състояние даващи отговор на въпроса дали дадено умение или знание е усвоено или не. Поради строгата си двоична природа, този модел не допуска нюанси.

Един от основните проблеми на този модел е игнорирането на възможността знанията да бъдат забравени или не напълно усвоени:

- модела не допуска нюанси, при него дадено знание е или усвоено или не, което допуска или negliжира изключително много сиви полета при финия анализ на начина, по който дадено знание се усвоява;
- модела игнорира, времето – дадено знание може да бъде забравено или и negliжирано при минимизиране на усилията за неговата употреба в практически или теоретични сценарии.

Ще се опитаме да дадем алтернативен подход при разглеждането на тези проблеми

2 Архитектура на познавателно-кумулятивен процес (ПкП)

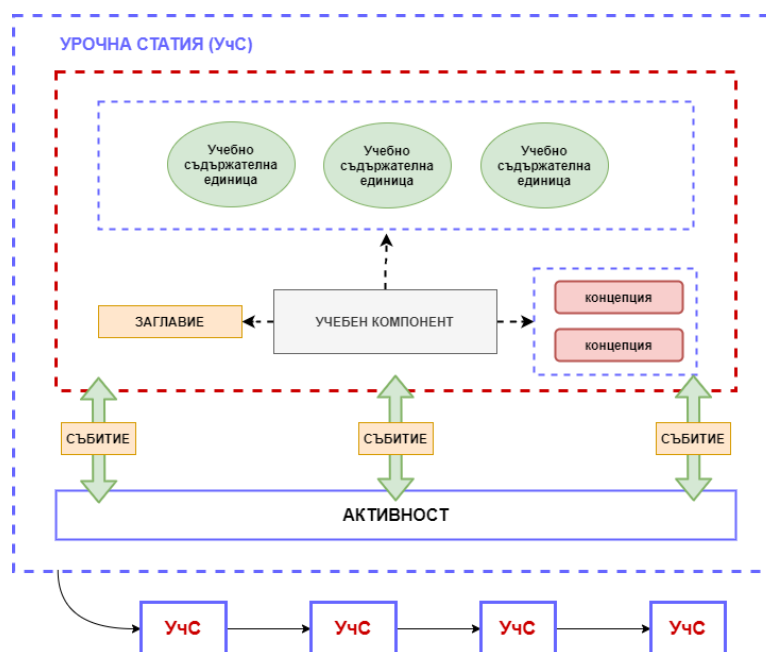
Познавателно-кумулятивния процес, е формално описание на стъпките необходими за придобиване на определен набор от знания, в контекста на произволна образователна среда. Всяка една репрезентация на ПкП се състои от три аналитични структури:

- Елемент – съдържа информационна единица, която може да бъде консумирана от потребителя на образователната услуга;
- Състояние – характеристика на елемента към даден момент от време;
- Събитие – действие, променящо състоянието на конкретен елемент.

Елементите на аналитичните структури се комбинират, в четири категории описващи специализирани процеси:

- **Познавателно-ориентирани компоненти** – съдържат информация, имаща пряко или спомагателно отношение към разглеждания материал;
- **Проблемно-ориентирани компоненти** – съдържат дефиниции и постановки описващи сценарии, целящи затвърждаване или прилагане на текущо акумулирани знания, чрез решаване на поставени проблеми;
- **Валидационно -ориентирани компоненти** – съдържат механизми за проверка на разработени проблеми. Основната им роля е да дадат оценка или оценъчен механизъм, на специфична задача или набор от такива;
- **Прогресно-ориентирани компоненти** – съдържат съобщения или информация, която има за цел да адресира промени на състоянието на разглежданата към момента система.
- **Комуникационно-ориентирани компоненти** – репрезентира механизми, показващи движение между състоянията на специфичен обект

Формално ще репрезентираме архитектурата на ПкП като граф върховете, на който се състоят от съставни елементи а ребрата му дефинират алгоритмичен преход, описващ условията, необходими за преминаването към следващият информационен елемент. На **фигура 6**, е представено графично архитектурата на единичен елемент на ПкП, както и свързаните с него последователни елементи.



Фигура 1. Архитектура на Познавателно-комулативен процес

Моделиране на темпорални аспекти

Основната пречка пред описанието на една динамична система е свързано с постоянно променящата се среда. Класическата логика, губи своята сила в момента, в който трябва да опише състояние на наблюдаваната система при което времето е фактор. От разгледаните до момента модели, стана ясно че класическата схема за моделиране на знания, изключва фактора време и се базира само и единствено върху емпирични статистически доказателства за настъпването на дадено състояние.

Имплементацията на **ВОП** е пример за система при, която всеки един агент изменя своето състояние във времето и пространството и придобива различни свойства, в даден момент. Тези свойства се отразяват на неговата реактивност към системата (*в частност платформата към която е насочена интеракцията*) и непрекъснато променят очаквания резултат. В настоящата глава ще разгледаме, фактора време и начина, по който той може да бъде формално дефиниран и практически имплементирани в системи, за моделиране на знания.

1 Формално представяне на темпорални аспект

Както е известно, действията свързани с придобиване и анализ на информация и последващото извличане на знания от нея, отнемат време и могат да бъдат класифицирани на базата на тази им времеемкост с понятия като – бавни и бързи, леки или тежки. Употребата на времеви величини при коментирането на образователни процеси може да ни помогне, при предсказването или установяването на несъответствия с нашите предварителни очаквания. Базирайки се върху тази идея, за нуждите на дисертацията, ще дефинираме понятието темпорален аспект като

ДЕФИНИЦИЯ

Темпорален аспект – всяко действие или бездействие, предизвикващо изменение на състояние, **наблюдавано** в конкретна цифрова система, от определен момент в миналото до определен момент в бъдещето.

Трябва да подчертаем, че измененията в една цифрова система, могат да бъдат наблюдавани само и единствено ако в нея настъпват събития, предоставящи изменения от страна на потребителя или самата система. За разлика от живата природа, цифровите обекти, не променят своите свойства само и единствено под въздействието на времеви фактор (*остаряване*).

Причина за възникване на изменения, в една система са настъпващите в нея събития. Като основна единица, за определяне на темпоралната терминология ще използваме

понятието **темпорално събитие**. Формално определяме едно темпорално събитие като наредена 4 ка, със следните характеристики

ФОРМАЛНА РЕПРЕЗЕНТАЦИЯ

$$e_t = \langle title, \{param\}, init_{timestamp}, end_{timestamp} \rangle$$

title	→	Идентификатор на текущият компонент
{param}	→	Множество от параметри
init_{timestamp}	→	Времеви отпечатък на инициализиране на събитието
end_{timestamp}	→	Времеви отпечатък на край на събитието

Съществуват различни механизми за представяне на времевите аспекти в цифрова среда, някои от тях включват:

- Употреба на реално време
- Употреба на относително време
- Употреба на процесно време

Ще дефинираме понятието **празно темпорално събитие**, чрез което ще регистриране липсата на събития в една наблюдавана система.

ДЕФИНИЦИЯ

Празно темпорално събитие – разстоянието от края на едно темпорално събитие до началото на ново такова. Въпреки името си, празните темпорални събития, могат да носят информация за контекста, в който се наблюдават. Означаваме формално събития от този тип със символа **empty**.

Темпоралните събития трябва да бъдат разглеждани като медиатор за установяване на връзка между два обекта в произволна система. Събитие, което съществува в изолация и не адресира, определен проблем, може да се характеризира само и единствено със съмнителна полезност. Съществуват четири групи участници, в процеса по размяна на съобщения (темпорални събития), които ще адресираме като:

- Емитъри;
- Емитенти;
- Слушатели;
- Изпълнители.

2 Специфични темпорални аспекти

Интервал

От използваната дефиниция за темпорален аспект, става ясно че наблюденията, които ще извършваме върху изменения в дадена система, имат ясно дефинирани начална и крайна точка. В рамките на този период в наблюдаваната система, могат да възникват **последователни** или **паралелни** темпорални събития, които да изменят състоянието на разнообразни обекти. Във всеки един момент може да се извърши наблюдение върху

конкретен времеви отрязък заключен между началната и крайната точка от започването, му. За да си помогнем при обясненията нека, за нуждите на настоящото изследване, въведем дефиниция за интервал

ДЕФИНИЦИЯ

Интервал – количеството темпорални събития, регистрирани в рамките на специфичен период от време. Рамките на интервала наричаме респективно начало и край на интервала. Означаваме валиден интервал със символа I

За целите на изследването, ще наричаме валиден - всеки интервал, в който има поне едно събитие. За валидно темпорално събитие се приема всяко събитие в множеството на темпоралните събития. Съществуват няколко специални интервала:

- Системна сесия
- Потребителска сесия

Бездействие

Липсващата активност може да бъде регистрирана както в рамките на активен процес – извършване на действие, което спира, но бива възстановено след определен период от време, но също така и в контекста на системи, в които не се наблюдава никаква активност. В този ред на мисли бездействие от гледна точка на темпоралното моделиране е

ДЕФИНИЦИЯ

Бездействие – само и единствено празните темпорални събития, които се наблюдават в контекста на именуван интервал различен от потребителска или системна сесия, които не са пряко следствие от системата.

Бездействието е присъщо само и единствено за потребителите на системата, като индикатор за наличие на обстоятелство, предполагащо дистанциране или възпрепятстване от нормалния ход на действие.

Чакане

Ще отбележим и един специфичен тип бездействие, които ще класифицираме в самостоятелна категория.

ДЕФИНИЦИЯ

Чакане – бездействие причинено от системна функционалност

Типичен пример за чакане, е активиране на сложен системен процес, който нарушава естествената интеракция между потребителя и системата.

Моделиране на аналитично-темпорални процеси

В настоящата глава ще разгледаме архитектурата на адаптивна образователна система, както и прилежащите към нея фундаментални аналитични процеси за профилиране, анализ и адаптиране на учебно съдържания

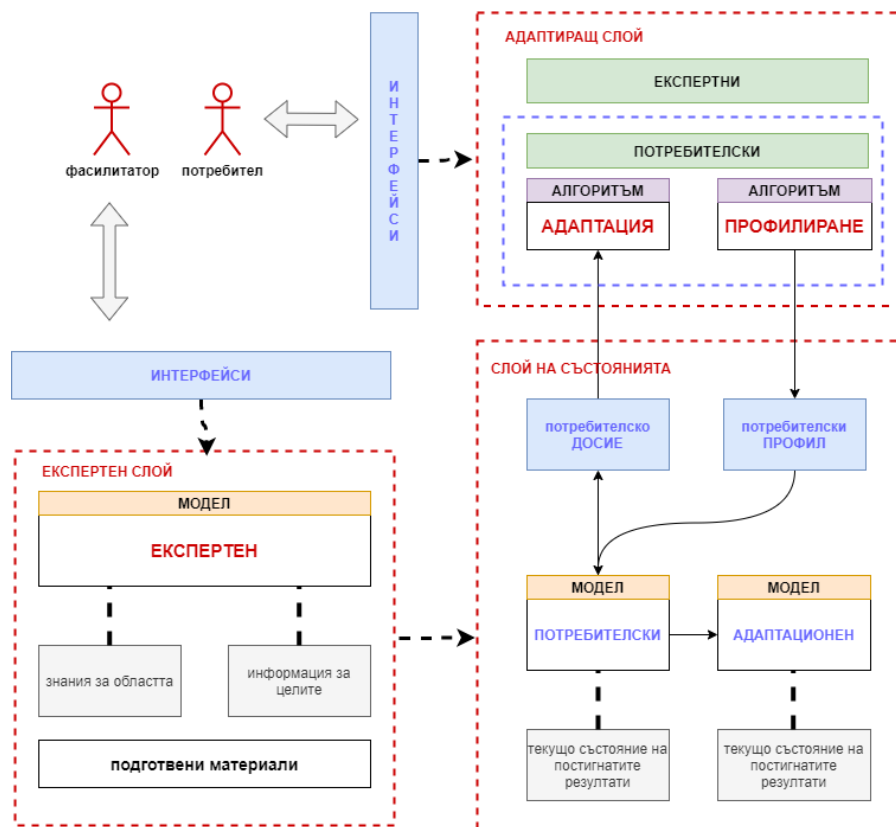
Когато говорим за толкова сложна концепция неизбежно се стига до момента, в който се налага обмисляне на начина, по който ще комуникираме тази информация с аудиторията ни за да я превърнем в знания. Необходимо е да се съобразим с особености на целевата група като обремененост, възраст, пол и образователен капацитет. Посочените абстрактни характеристики на аудиторията определя целевата група, на която можем да поднесем информацията, която желаем да трансформираме в образователен продукт а от там и знания. Като разгледаме описаните характеристики можем да дефинираме **три процеса**, които трябва да съобразим за максимизиране на резултатите ни:

- Профилиране на целевата група – определяне на първичните характеристики, на базата, на които ще подготвим учебното съдържание;
- Анализ на реактивно и проактивно поведение - в рамките на наблюдаван учебен процес, потребителите на образователна услуга инициират действия на базата, на които системата за подпомагане на учебния процес реагира;
- Адаптиране на учебното съдържание – всички последващи стъпки, които ще предприемем за да успеем да оптимизираме или максимизиране покритието на предоставените знания и упражняваните умения.

Като основа за разглеждането на тези концепции, ще представим принципна архитектура на адаптивна образователна система, която предоставя необходимите аналитични инструменти за управление на описаните процеси.

На **фигура 2** е представена, 4 слойна принципна схема на адаптивна образователна система, както и аспектите на комуникация между отделните слоеве. Архитектурата се състои от:

- Експертен слой;
- Адаптиращ слой;
- Слой на състоянията;
- Интерфейси за комуникация.



Фигура 2. Архитектура на адаптивна образователна система

Описаните слоеве и техните характеристики, нямат конкретни технически измерения а служат като основа върху която да се изгради, специализирана имплементация на разглежданите концепции.

Профилиране

Придобиването на нови знания е инкрементален процес – предполагащ непрекъснато надграждане на базиса, които сме развили към даден момент. Тази изначална идея се корени и в административните разпределения на всяка една учебна дисциплина. Не всяко едно обучение, може да отговори на нуждите на произволен обучаващ се, доста често се налага да се дефинират рестриктивни изисквания, с цел филтриране или ограничаване на аудиторията. Като такива могат да бъдат посочени:

- Наличието на предварителни знания и умения;
- Принадлежност към институционална класификация;
- Полова или възрастова принадлежност.

Някой от инструментите, които можем да използваме за правилно определяне на целевата аудитория, както и нейното категоризиране биха били:

- Ясно описани матрици и критерии за оценка на предварителни знания и умения;
- Поставяне на обучаващите се в ситуации близки до реалните;
- Интеграция на предсказващи модели.

Можем да определим **три типа характеристики**, които ще ползваме при създаването на предварителен профил:

- Дългосрочни житейски характеристики;
- Краткосрочни емоционални характеристики;
- Личностни характеристики.

Анализ

Можем да си отговорим на въпроси, до каква степен дадена урочна единица е усвоена успешно, като наблюдаваме процеса по работа с учебния материал и последващите активности свързани с текущия контрол и самоконтрол. Този процес наричаме анализ, на учебна дейност. Като основа за анализа използваме, множеството от устойчиви състояния на произволен аналитичен проблем, разработван в рамките на учебната дейност. За анализа ще използваме така наречените:

- Коректни състояния – процеса по решение е преминал успешно
- Некоректни състояния – наблюдава се грешка, която в комбинация с решавания проблем може да помогне при анализа на поведението на обучаващият се

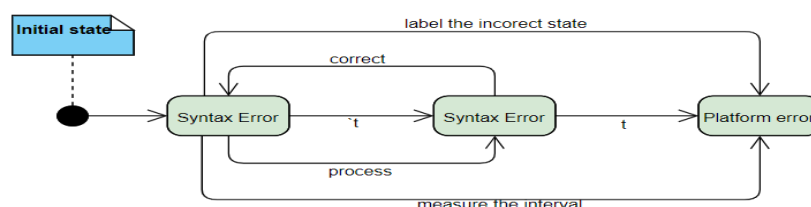
Можем да дефинираме няколко некоректни състояния:

- грешен резултат;
- грешка при решаването на проблема;
- грешка в разбирането на материала.

За да може да извлече достатъчно подробна информация от текущото състояние на грешката е необходимо да разполагаме със следните характеристики:

- Видът на грешката, според описаната класификацията;
- Наличния първичен код към момента на допускане на грешката;
- Предишни състояния на системата;
- Всички състояния на кода от регистрация на грешката до коректно състояние;

На **фигура 3** е представена схема на проблемен граф, дефиниращ различни типове грешка, заедно с кореспондиращите им времеви интервали.



Фигура 3. Графично представяне на алгоритъм за адаптиране на коректни / некоректни отговори базирани върху времева функция

Адаптиране

Адаптирането на учебния процес е инкрементален глобален процес, който управлява всички аспекти от познавателно-кумулятивния процес, в разглежданата система. Поради глобалния си характер, посоката на адаптивност е свързана с едно от следните три направления:

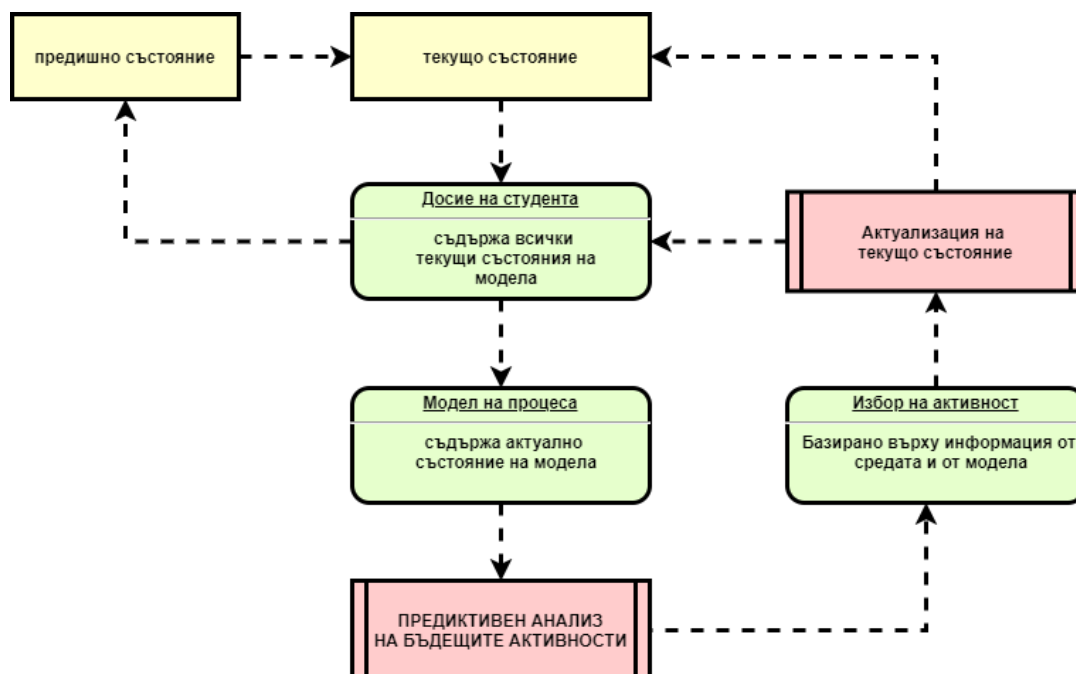
- Прескачане на учебен материал
- Повторение на учебен материал
- Задълбочаване на учебен материал

В зависимост от **обектна на адаптация**, различаваме:

- Адаптиране на учебното съдържание
- Адаптиране на самостоятелните активности

Всяка една от адаптацияните характеристики може да бъде имплементирана самостоятелно или като комбинация от останалите две. Като отправна точка във всяка адаптация активност се взимат резултатите от текущото профилиране и резултатите от характеристики на пълния проблемна граф, получен във фазата на **анализ**.

Нека разгледаме по-подробно алгоритмичната постановка, при всяка една от посоките на адаптация, представена на **фигура 4**.



Фигура 4. Графично представяне на алгоритъм за определяне на текущото състояние на моделираните знания

SystemTempura

SystemTempura е опита на настоящото изследване на предлози, механизъм за справяне с описаните проблеми, чрез предоставяне на своеобразен интерпретируем протокол. Някои от основните аспекти, които ще съобразим при специфицирането на протокола ще бъдат насочени към:

- Въвеждане на синтактични правила, които описват близки до популярните към днешна дата езици за програмиране
- Предоставяне на мултиплатформеност, езика не трябва да предоставя директна имплементационна характеристика, а трябва да се опитва да бъде достатъчно независим

Някои от целите, които си поставяме с реализацията на този език:

- Възможност за интеграция на диалекта, в среди управляващи събитийен контекст;
- Възможност за интегриране на специализирани инструменти;
- Мултиплатформена интеграция;
- Лесна интеграция, в бизнес процесите;

1 Синтаксис и спецификация

SystemTempura дефинира специфични синтактични конструкции, които описват аспекти от темпоралната логика. Част от тях включват

Темпорално събитие

Основния механизъм за комуникация в **SystemTempura** наричаме събитие. По своята същност то моделира, формалната репрезентация на темпорално събитие, предоставяйки функционалност в две направления:

- Активираща - Инициализира започването на активности;
- Транспортна - Носи определен информационен ресурс.

синтаксис

event_header	⇒	event <event_title> <event_body>
event_title	→	<i>IDENTIFICATOR</i>
event_body	→	{ <property>? }
property	→	<property_key><property_value>;
property_key	→	<i>IDENTIFICATOR</i>
property_value	→	: (NUMBER STRING)

Слушатели и изпълнители

Слушателите са механизми за инициализиране на активност. Формалната дефиниция на активатор е представена както следва:

синтаксис		
listener	⇒	WHEN <listener_trigger> => ACTIVITY -> EVENT?
listener_trigger	→	EVENT FORMULA
{Ec}	→	Множество от УК

Изпълнението на регистриран слушател е винаги асинхронно и зависи от настъпването на конкретно събитие или активирането на специфична формула. Нека разгледаме примери за валидни слушатели и техните характеристики.

Наблюдението на събитийните контексти е непрекъснат процес, поради тази причина при описанието им трябва винаги да имаме предвид че дадено събитие може да настъпи многократно. Разбира се съществуват сценарии, при които искаме да ограничим изпълнението на дадена активност, конкретен брой пъти преди, независимо от настъпилите в последствие обстоятелства.

Пример

```
1. -- Формула регистрираща, настъпване на събитие 5 пъти
2.   IN PROBLEM_CONTEXT WHEN @Error           => MessageX
3.
4. -- Формула регистрираща, настъпване на събитие 10 пъти
5.   IN PROBLEM_CONTEXT WHEN 5_TIME_ERROR     => MessageY
6.
7. -- Формула регистрираща, настъпване на събитие 10 пъти
8.   IN PROBLEM_CONTEXT WHEN 10_TIME_ERROR    => MessageZ
```

Темпорално интервали

Според спецификацията на SystemTempura интервала е механизъм за дефиниране на специфична рамка в която да се изпълнят определени събития. Интервалите могат да бъдат специфично регистрирани, като самостоятелен обект, но могат да бъдат и продуцирани в следствие на регистрирано събитие. Специфицират се по следния начин

Синтаксис		
INTERVAL	⇒	<interval_header> <interval_body>
interval_header	→	<session_modifier>? interval <ID>
session_modifier	→	user system;
interval_body	→	{ <declaration> }
declaration	→	key: value;
key	→	ID
Value	→	TEMPORAL FORMULA ;

Темпорално формули

Формулата е механизъм за управление на сложно условие, при което трябва да бъде оценено настъпването на група от събития преди фактически да бъде изпълнена определя активност. Формалната дефиниция на формула е представена както следва:

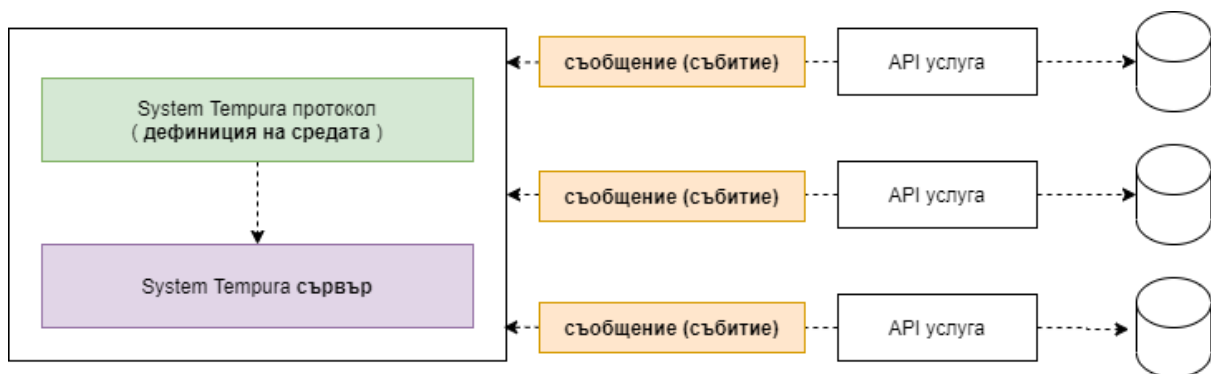
синтаксис	
formula	⇒ FORMULA <ID> = <EXPRESSION>
ID	→ <i>EVENT FORMULA</i>
EXPRESSION	→ <i>Множество от УК</i>

Формулите се дефинират, статично но тяхното изпълнение винаги се извършва в контекста на активен слушател. Резултата на дадена формула, в произволен момент може да бъде **TRUE** или **FALSE**.

1. -- Формула отъждествяваща се с регистрирано събитие
2. **FORMULA FORMULA_EVENT** = **@SampleEvent**

2 Архитектура на SystemTempura

Система имплементираща SystemTempura протокола, се състои от протоколна дефиниция и SystemTempura сървър, който управлява процеса по предаване и приемане на съобщения.

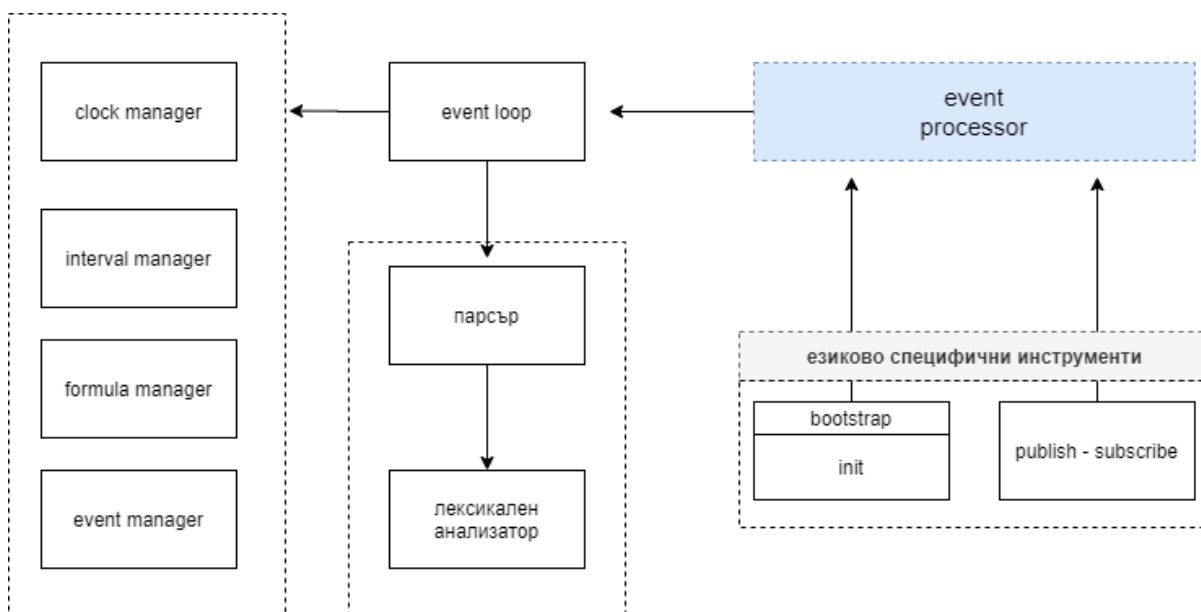


Фигура 1. System tempura работна среда

Архитектурата на SystemTempura се състои от три слоя, представени на **фигура 6**:

- Инициализиращ слой – дефинира всички процеси свързани с първоначално администриране на регистрирани събитийни артефакти, организиране на контекста на приложението и обработка на регистрираните слушатели в контекста на външни услуги. Съдържа всички необходими механизми за управление на процеса по интерпретация на системните конструкции на SystemTempura;
- Анализиращ слой – съдържа основните механизми за управление на синтактичния анализ на SystemTempura. Този слой е отговорен за процеса по непрекъсната оценка на регистрираните формули, както и управлението на системния часовник.

- Управляващ слой – съдържа аналитичен апарат за управление на аспекти от темпоралната логика, които са имплементирани в текущата система, като формули, събития, интервали и работа с оператори.



Фигура 2. Принцилна схема на SystemTempura интерпретатор

Жизнен цикъл на SystemTempura среда е подробно представен чрез процесите в **таблица 1**.

название	процеси
Инициализиране	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Откриване и парсиране на активен SystemTempura протокол ▪ Инициализиране на интервали ▪ Инициализиране на формули ▪ Откриване и регистриране на външни активности
Стартиране	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Емитиране на системно темпорално събитие за начало на системна сесия ▪ Емитиране на предефинирани потребителски събития
Обработка	<ul style="list-style-type: none"> ▪ проверка за емитирано събитие ▪ Проверка на за валидност на интервал ▪ проверка за валидност на формула ▪ активиране на външна активност ▪ емитиране на ново събитие

Таблица 1. Жизнен цикъл на System Tempura

Архитектура на платформа за адаптивно обучение базирана на темпорални аспекти

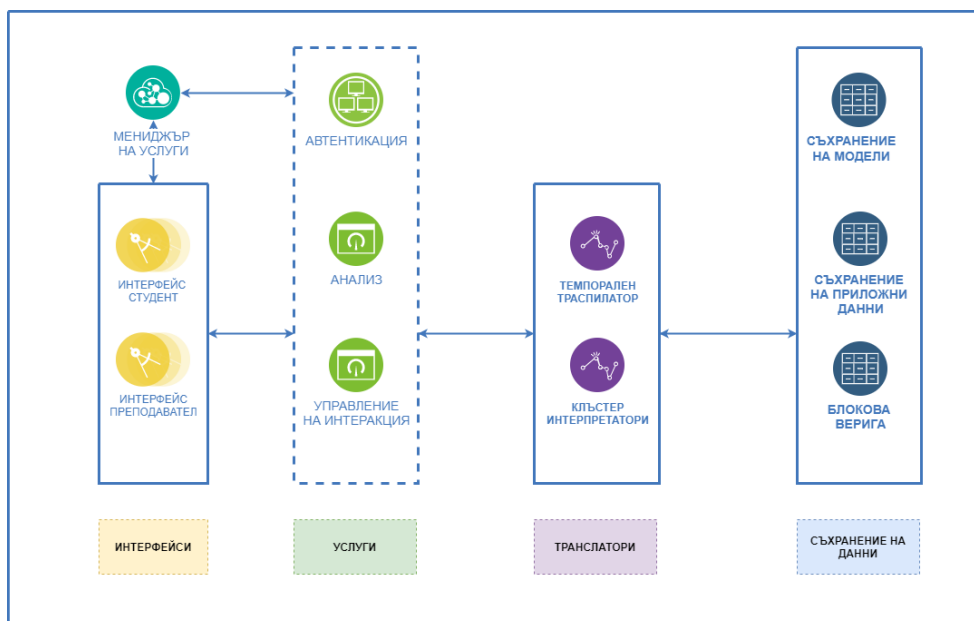
В настоящата глава, ще разгледаме цялостна архитектура на адаптивна система базирана върху инструменти, използваща темпорални концепции за нуждите на **ВОП**.

1 Архитектура на UniPlayground

Можем да разделим архитектурата на системата на 4 основни слоя и един управляващ:

- Слой интерфейси;
- Слой услуги;
- Слой транслатори;
- Слой за съхраняване на данни;
- Мениджър на услугите.

Връзката между всички тези слоеве е представена на **фигура 7**.

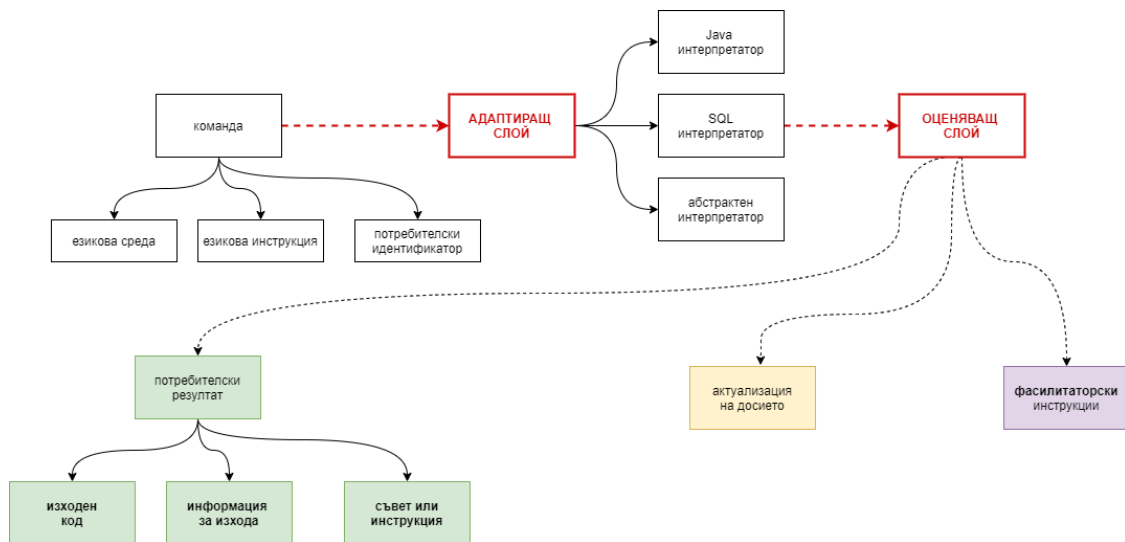


Фигура 3. Обща характеристика на компонентите изграждащи системата на UniPlayground

Основната идея на приложението е то да бъде дистрибутирано и да не обитава конкретна платформа или устройство. Поради тази причина, всички решения по проектирането и изграждането и са обединени около идеята за микро услуги.

Транслатори

Адаптивните платформи базирани на инструменти имат за цел, симулиране на близка до реалната работна среда при усвояването на дадено умение. В контекста на UniPlayground слоя на транслаторите предоставя абстракция за управление и анализ на комуникацията между потребителския интерфейс и услугата за упражняване на умения свързани с разработка на софтуерни системи. Принципна схема на комуникация с транслаторен слой е представена на **фигура 8**.



Фигура 8. Комуникационен цикъл, на клиент - транслатор комуникация

Нека разгледаме в детайли комуникационната връзка между клиентите на системата и транслаторния слой.

Комуникационния цикъл започва с изпращане на команда към **транслаторния слой**. Всяка команда се състои от съобщение съдържащо няколко параметъра:

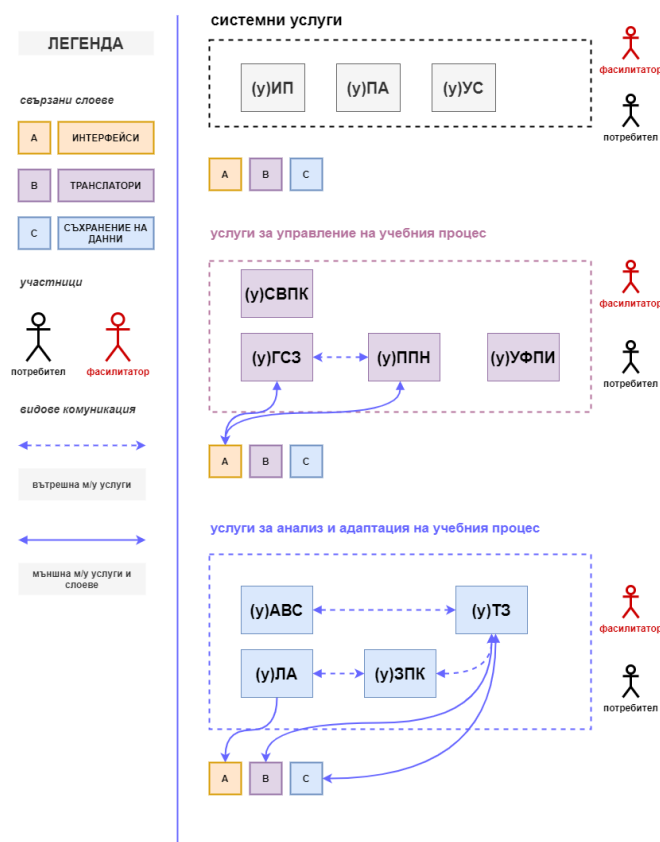
- Езиковата конструкция, която ще бъде интерпретирана – Това е набор от инструкции дефинирани на изкуствен език за програмиране;
- Контекста на командата, известна още като езикова среда – която дава отправната точка при интерпретиране на въпросната команда;
- Потребителския идентификатор, на базата, на който се извършва процеса по адаптация;
- Точен момент на възникване на събитието;
- Събитие – за да можем адекватно да анализираме и изградим – потребителския граф е необходимо да следим, всяка една от активностите, които потребителя прави в системата. Това означава че не можем да позволим, да интерпретираме случващото се само и единствено в контекста на видимите действия, които потребителя възприема. По този начин системата различава събития от явен характер.

Услуги

В контекста на принципната архитектура – слой с услугите представлява набор от самостоятелни програмно-логически единици, за управление на всички функционални аспекти в рамките на UniPlayground. За целите на изследването те са разделени в няколко категории в зависимост от контекста, който обслужват.

- Системни услуги – обслужват процеси, целящи обслужването на всички аспекти от функционалностите на платформата;
- Услуги за управление на учебния процес – имат за цел да подпомогнат наличните в платформата, интерфейси и да обогатят тяхната функционалност, като добавят възможности базирана на адаптивния контекст;
- Услуги за анализ и адаптация на учебния процес – това са непрекъснати процеси, за активно адаптиране и профилиране на резултатите получени от работата с предоставените инструменти.

Разпределените услуги, извършват непрекъсната вътрешна комуникация по между си с цел размяна на съобщения и допълване на самостоятелната им дейност. На **фигура 9** е представена, комуникационната организация, между услугите така, останалите комуникационни слоеве от платформата, както и връзката им със специфичните потребители, които ги инициират или получават информация от тях.



Фигура 9. Разпределение на комуникацията между услуги - слоеве и активно ангажирани участници в системата

2 Работен цикъл на самостоятелна активност

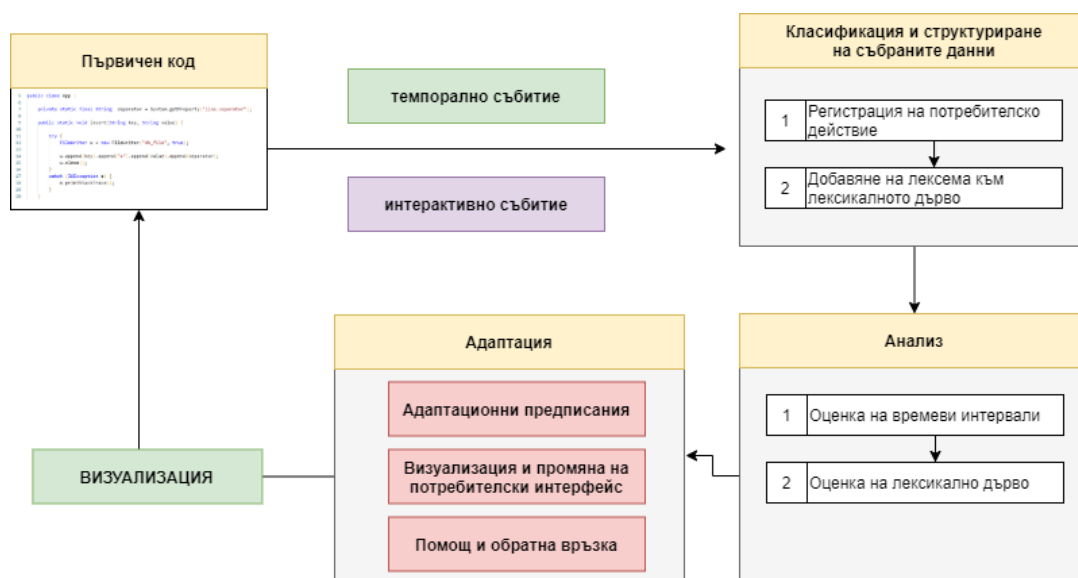
Доста по интересна и сложна е интеракцията при цикъла на самостоятелна активност. Като се има предвид, че основната насока на адаптивните системи е доставяне на образователна услуга, която да се изменя във времето, то несъмнено можем да адресираме активностите в настоящия процес, като многопластови.

Работния цикъл включва всички слоеве от представената архитектура, както и всички активни услуги, които бяха описани в слоя на услугите.

Процеса регистрира следните действия от страна на потребителите на образователни услуги:

- Автентикация и профилиране;
- Активиране на поставен проблеми / генериран проблем;
- Активна работа по поставения проблем;
- Получаване и анализ на обратна връзка

Основен интерес за нас представляват последните две от описаните стъпки, като схематично описание е представено на **фигура 10**.



Фигура 10. Работен цикъл на самостоятелна активност

Цялата налична информация за текущата активност, е базирана върху извлечените в момента на работа по поставения проблем, събития. Вече разгледахме в детайли процеса по изпращане и получаване на събитийна информация, като оценката и последващия анализ се извършват паралелно с активностите на потребителя.

Разработка и апробация

Разгледаните до момента теоретични концепции, архитектурни модели и софтуерни процеси си дават среща в практико приложната реализация на софтуерната система **UniPlayground**, чиито основни компоненти бяха подробно описани в рамките на дисертационния труд. Практическата реализация на софтуерния продукт ни дава възможност да си отговорим на няколко важни въпроса като :

- Дали целевата група на проекта, има нужда от конкретната реализация?
- Дали теоретичния апарат може да бъде адекватно приложен в рамките на практическата реализация?
- Дали са налице ограничения при интегрирането на решенията в контекста на съвременните нужди на средата?

1 Пътна карта за имплементация на прототипи

Работата по проекта **UniPlayground** започна през **2017** година преди фактическото стартиране на активностите свързани с настоящото научното изследване. Основната цел беше идейно дефинирана като - *Изграждане на система, за подпомагане на обучението по програмиране, която да може успешно да се прилага както в образователни институции, така и в частни професионални учреждения с фокус разработка на софтуерни продукти.*

Основния проблем, който беше наблюдаван, е свързан с невъзможността на фасилитатора на учебната дисциплина да **наблюдава в реално време**, какви са проблемите, с които се сблъсква обучаващият се, като по този начин, се създава невъзможност да даде навременна препоръка или оценка за промени в учебния план или предоставяне на допълнителни материали. В рамките на това предварително проучване, бяха набелязани няколко важни направления:

- наблюдение на процесите в реално време;
- анализ на поставените програмни проблеми;
- историческа справка на всички взети решения в даден интервал от време;
- гъвкава адаптация на предоставената за упражнение базирана на нивото;
- аналитична оценка, на всички допълнителни активности;
- даване на информация на обучаващия се по теми свързани с неговото развитие адресиране на конкретни синтактични конструкции, които се използват по време на решението на проблема, както и тяхната семантична цялост.

2 Използвани софтуерни продукти и решения

За реализацията на софтуерните прототипи бяха използвани следните софтуерни продукти, програмни езици и технологии :

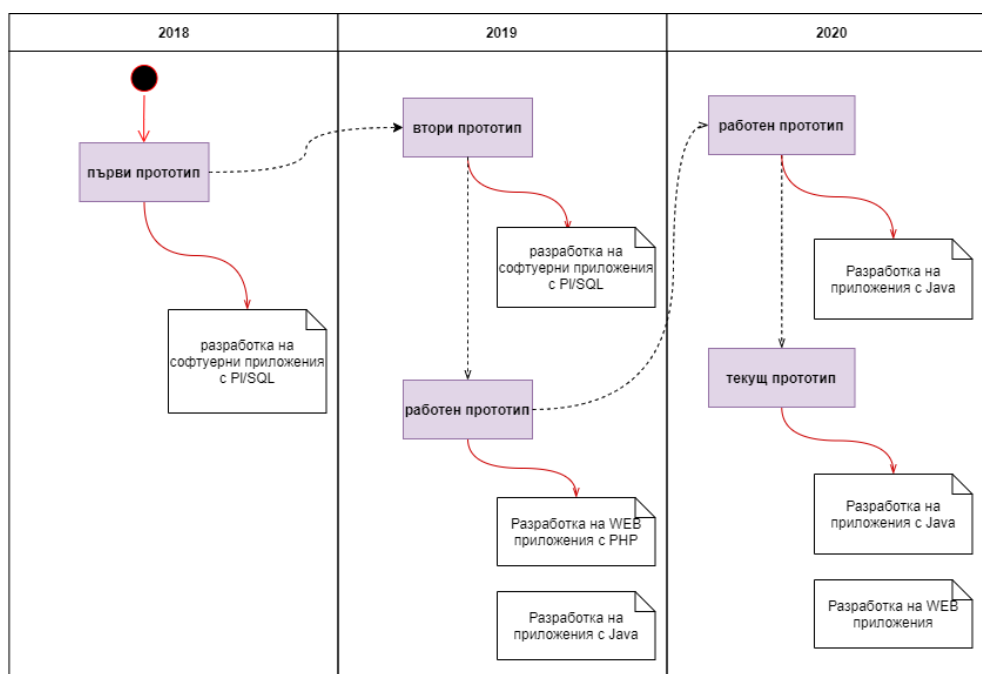
- JavaScript и TypeScript;
- NodeJS и Electron;
- Oracle Database и Orient Db.

Като допълнителни външни услуги бяха интегрирани следните софтуерни инструменти:

- SQL интерпретатор;
- SystemTempura интерпретатор;
- Python SDK / R SDK [1] / Java SDK;
- Amazon Web Service [2].

3 Аprobация

Системата за динамично управление на учебния процес **UniPlayground** е в експлоатация от **2018 година**, като в рамките на своето развитие премина през няколко ясно установими етапа. Всеки един от тях, е подкрепен с обратна връзка и статистика за своята употреба, както от участващи лектори, така и от обучаващите се студенти / курсисти, които активно са поставени в ситуация предполагаща опериране с предоставената система.



Фигура 11. Времево развитие на аprobационната интеграция-на различните версии на прототипите

Всички проведени експерименти следваха единен подход при организиране на учебните занятия, с тази разлика, че общия хорариум часове беше подбран така че да удовлетворява, учебната програма предвидена за конкретната дисциплина:

- Занятия със средно времетраене 3 учебни часа, (120 минути)
- Комбинация от нови знания и упражнения

Методика на изследването

При подбор на участници, бяха прилагани механизми за предварително профилиране базирани върху:

- дългосрочни житейски характеристики;
- мотивация.

Всеки един от профилираните участниците в изследването – получи модификатор на неговата вътрешна и външна мотивация, дефиниран като силен и слаб, като за целите на математическият ни модел – силната вътрешна мотивация се разглежда като класификатор с най-голяма тежест. Използвахме трите стандартни стереотипа:

- начинаещи;
- активно ангажирани;
- професионалисти;

Нека разгледаме някой от аспектите свързани с разработените прототипи в рамките на апробационната дейност.

Първи прототип

Целта на първия прототип е да валидира основните концепции, свързани с преподаването на езици и среди за програмиране в произволна учебна институция, а именно дали необходимия набор от инструменти е достатъчно интуитивен и добре презентирани пред обучаващите се, така че да се предостави достатъчно гъвкава и лесна за употреба среда в контекста на курсовете, които се провеждат. Основно беше необходимо да се дадат отговори на два въпроса.

1. Коя да е пилотната технология която ще се ползва и около, която ще се изградят инструментите?
2. Какъв е най-добрият модел на интерактивна комуникация между платформата на ангажираните с нея агенти?

В рамките на апробационния процес, бяха идентифицирани множество проблеми свързани с техническите възможности на системата и общото ниво на резистентност на обучаващите се.

Втори прототип

Разработката на втория прототип, е изцяло базирана върху обратната връзка, при първата итерация. Голям процент от регистрираните дефекти, бяха отстранени в, което елиминира необходимостта да се отделя допълнителен ресурс, при управляването на този аспект в рамките на дефинираната времева рамка. Бяха валидирани някои от получените резултати и тяхната корелация с допуснатите грешки по време на първи етап от разработката

Работен прототип

Работния прототип съдържа напълно конфигурирана версия на средата за разработка на софтуер, базирана на предварителния набор от концепции, които си поставихме при интегрирането на функционален набор от инструменти. Всички следващи прототипи, надграждат върху концепциите дефинирани в работния прототип, която се явява фундамент за последващите процеси. В рамките на този етап от аprobацията, бяха въведени стриктни правила за профилиране на обучаващите се, като се наблюдава и анализира разпределението на апробираните групи по стереотипи.

Текущ прототип

Последната стъпка в развитието на платформата е свързано с добавянето на инструменти за подпомагане на процеса по адаптация на потребителското изживяване на базата на тяхното поведение. Резултатите, които получихме на базата на предишните изтощителни тестове, ни дадоха достатъчна увереност да преустановим – добавянето на функционални възможности в инструментариума на приложението и да концентрираме усилията си към подобряване на инструментите за анализ на темпоралните аспекти.

Обобщение на аprobационните резултати

Събраните данни от проведените обучение, както и от синтезираната обратна връзка, ни дават основната информация за тенденциите, които можем да следваме в развитието на определена образователна практика в цифрова среда. Нека разгледаме обобщените данни за някои от забележителните аспекти на провеждането:

- Характеристики на проведените дисциплини;
- Демография на изследването;
- Присъствия и консумация на видео съдържание;
- Интеракция и самостоятелни активности;
- Резистентност и възприемане на предоставената платформа;
- Експериментално и автономно апробиране.

Резюме на получените резултати

В настоящото научно изследване разгледахме проблеми свързани с адаптирането и анализа на потребителско поведение, базирано върху метрики свързани с времеви интервали, в контекста на системи – част от виртуалното образователно пространство. В дисертацията е обърнато изключително внимание на сравнението между текущите механизми за моделиране на знания, както и подходите на базата, на които те правят оценка за постигането на определен набор и качество на въпросните. Фокуса на проучването е моделиране на знание чрез практическа и експериментална дейност.

1 Резултати и приноси

Ще представим част от научно-приложните приноси и съпътстващите механизми за тяхното популяризиране.

Публикации в научни журналы

Тезите, представени в настоящия дисертационния труд са публично коментирани и публикувани пред родна и международна научна общност, в рамките на последните три години.

1. **Mihail Petrov**, Abstraction of interval temporal programming model using application transpilation process, International Conference AUTOMATICS AND INFORMATICS`19 3-5 October 2019, Sofia, Bulgaria pp. 241 – 244, ISSN: **1313-1850**
2. **Mihail Petrov**, Analyzing and classifying a range of incorrect actions made by students during an educational process using an interval temporal behavior observation, Journal of International Scientific Publications ISSN: **1314-7277**, vol. 17, 2019
3. **Mihail Petrov**, Progressive challenge selection and progress estimation in the context of e-learning, Journal of International Scientific Publications ISSN: **1314-7277**, vol. 17, 2019
4. **Mihail Petrov**, Software implementations of interval temporal models, Scientific Works of the Union of Scientists in Bulgaria - Plovdiv. Series C. Technics and Technologies. vol. 18 pp.90-93, ISSN **1311 -9419** (Print); ISSN 2534-9384 (Online), 2020
5. **Mihail Petrov**, Vladimir Valkanov, Milena Stancheva, “Time-based error classification in virtual education space”, International Journal of Differential Equations and Applications, vol. 20, Issue 2, Pages 273 – 286, 2021. ISSN: **1314-6084**

Научно-приложни приноси

Резултатите от изследването следват директно от поставените задачи и могат да бъдат обобщени като:

1. Реализация на протокол за управление на темпорални процеси и последващо реализиране на подходящ транслаторен агент.
2. Интеграция на SystemTempura в инструменти за моделиране на бизнес процеси, насочени към описание на образователни постановки.
3. Разработка на принципна архитектура за управление на адаптивни кумулативно-познавателни процеси, базирани на темпорални аспекти.
4. Разработка на софтуерна платформа имплементираща, представената архитектура и последващото и апробиране.

От представените резултати оригинален принос за проблемната област представляват точка **1, 2 и 3**.

В **таблица 2** е представена връзката между публикуваните научни статии, представените глави в дисертационния труд, дефинираните задачи и обобщените резултати.

глава	задача	публикация №	резултат №
1. Познавателно-кумулятивни процеси	<i>Изследване на текущите, възможности и характерни аспекти на системите за подпомагане на учебния процес</i>	2 / 3	-
2. Моделиране на темпорални аспекти	<i>Предлагане на механизъм за формално описание и последващо моделиране на темпорални аспекти в цифрова среда.</i>	2 / 3	1
3. Моделиране на аналитично-темпорални процеси	<i>Създаване на формален модел, за профилиране, анализиране и адаптиране на поведението на потребителите на образователна услуга, в контекста на ВОП базирана платформа</i>	1 / 4	2 / 3
4. SystemTempura	<i>Разработка и интеграция на предметно ориентиран език за описание на темпорални модели, с цел подпомагане на процеса по комуникация между споменатата адаптивна система и ФА, ангажирани с администрирането на образователния процес</i>	1/2/3/4	1/2
5. Архитектура на платформа за адаптивно обучение базирана на темпорални аспекти	<i>Дефиниране на архитектура на адаптивна система за подпомагане на учебния процес, насочена към специализиран учебен материал, базирана върху темпорални аспекти</i>	1/2/3/4	2 / 3
6. Разработка и апробация	<i>Разработка и апробиране на прототип на адаптивна система за подпомагане на учебния процес.</i>	1/2/3/4	4

Таблица 2 Отношение на разгледаните проблемни тези, представените научни публикации и поставените задачи спрямо постигнатите резултати и приноси

Участия в проекти

В рамките на провежданото дисертационно изследване, бе предоставена възможност за участие в научно-изследователски проекти, в рамките, на които, бяха реализирани редица експерименти и изследвания, касаещи проблемната област засегната в дисертацията.

- **ФП19-ФМИ-002** “Иновационни ИКТ за дигитално научноизследователско пространство по математика, информатика и педагогика на обучението”, Фонд “Научни изследвания” при ПУ “Паисий Хилендарски”, 2019/2020.
- **ФП21-ФМИ-002** “Интелигентни иновационни ИКТ в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението” , Фонд “Научни изследвания” при ПУ “Паисий Хилендарски”, 2021/2022.

2 Перспективи за бъдещо развитие

Някои от перспективите за бъдещо развитие включват:

- Повишаване на капацитета на текущия инструментариум – чрез интеграция на близки, до стандартизираните процеси и механизми, които в момента са популяризирани в софтуерната индустрия;
- Интеграция на специализирани външни инструменти и лабораторни процеси – свързани с нишови или екзотични технологии в това число – блокови вериги и хардуерна верификация;
- Интеграция на спомагателни софтуерни инструменти като – дебъгери, мобилни емулятори и виртуални машини.

Използвана литература

- [1] G. Casalino, G. Vessio and G. Casalino, "Exploiting Time in Adaptive Learning from Educational Data," in *Bridges and Mediation in Higher Distance Education*, ISBN: 978-3-030-67434-2, Springer International Publishing, 2021.
- [2] M. B. Hoy, "Alexa, Siri, Cortana, and more: an introduction to voice assistants," 2018, pp. 81-88.
- [3] S. Pressey, "A simple apparatus which gives tests and scores – and teaches," *School and Society*, no. 586, p. 373–376, 1923.
- [4] B. Skinner, "Teaching machines," *Science*, no. 128, p. 969–977, 1958.
- [5] J. Ugander, B. Karrer, L. Backstrom and C. Marlow, "The Anatomy of the Facebook Social Graph".
- [6] M. Park, M. Naaman and B. Jonah, "A Data-Driven Study of View Duration on YouTube," in *Tenth International AAAI Conference on Web and Social Media*, 2016.
- [7] L. S. Sterling, "On Composing Concurrent Logic Processes," in *Logic Programming*, MIT, 1995, pp. 531-545.
- [8] A. Vaisman, "An Introduction to Business Process Modeling," in *Business Intelligence*, 2012, pp. 29-61.
- [9] P. Brusilovsky, *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia.*, 1996.
- [10] C. Hildebrand, T. Schlager, A. Herrmann and G. Häubl, "Product Gamification," *Association for Consumer Research*, vol. 42, pp. 664-665.
- [11] D. Dicheva, C. Dichev, G. Agre and G. Angelova, "Gamification in education: A systematic mapping study," in *Educational Technology & Society*, 2005.
- [12] A. Domínguez, J. Saenz-de-Navarrete and L. de-Marcos, "Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes," *Comput Educ*, no. 63, p. 380–392, 2013.
- [13] A. Guillory and H. Nguyen, "Learning Executable Agent Behaviors from Observation," in *5th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 2006.
- [14] F.-H. Nah, Q. Zeng and V. Telaprolu, "Gamification of education: a review of literature," in *International Conference on HCI in Business*, 2014.
- [15] J. Vikramaditya and L. Fotis, "An Online Virtual Learning Environment for Higher Education," in *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 2011.
- [16] Б. Тосков, *Система от гардове във виртуално образователно пространство*, 2020.
- [17] S. Stoyanov, „Формален модел на Виртуално Образователно Пространство,“ в *From DeLC to VeSpace*, Plovdiv, 2014.
- [18] С. Стоянов, Д. Орозав and И. Попчев, "Виртуално образователно пространство – настояще и бъдеще," in *Юбилейна научна конференция с международно участие „Новата идея в образованието“*, Бургас, 2018.
- [19] J. Todorov and I. Krasteva, "Персонален асистент за подпомагане на учебния процес в средните училища," in *Tech-Co Lovech*, 2019.
- [20] В. Кюркчиев, *Инструменти за адаптивно електронно обучение*.
- [21] М. Атанасова, *Модел на адаптивен потребителски интерфейс за бизнес информационни системи*, 2018.