



СТОЯН БОЗОВ

**„IMMERSIVE AUDIO (ТРИИЗМЕРЕН ЗВУК) В
КОНТЕКСТА НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ЗВУКОВИ
ТЕХНОЛОГИИ“**

АВТОРЕФЕРАТ

На дисертация за присъждане на научна и образователна степен
„Доктор“ по професионално направление 1.3. Педагогика на
обучението по... Методика на обучението по музика

Научен ръководител:
Доц. д-р Христо Карагъзов

София
2025

Съдържание

УВОД.....	5
Понятиен апарат.....	7
Актуалност на дисертационния труд.....	8
Цел на дисертационното изследване.....	8
Основни задачи:.....	8
Предмет на изследването.....	10
Обект на изследването.....	10
ГЛАВА 1	11
1.1. Предистория и контекст на имърсив аудиото.....	11
1.1.1 Монофония.....	11
Моно форматът в звукозаписа и предпочитанията на артистите.....	14
Историческо развитие на монофоничните LP записи.....	15
Моно ренесанс в ХХІ век.....	15
1.1.2. Стерефония.....	16
Технически аспекти.....	17
История на стереофонията.....	17
Първи стерео записи.....	18
1.1.3. Квадрофонично звучене.....	18
Формати.....	19
1.1.4. Многоканален звук и цифровизация.....	21
Immersive audio (пространствен звук).....	22
Имърсив аудио: новият стандарт в обучението по аудио технологии.....	24
Музикалната индустрия.....	25
Стандарт за гръмкост на звука за музика (Dolby Atmos Music).....	25
Стандарт за гръмкост на звука за TV и стрийминг (Dolby Atmos Home/Streaming).....	26
Кино и гейминг индустрия.....	27
Изкуства и музейни инсталации.....	29
1.1.5. Преглед на водещите формати за многоканален звук.....	30
Dolby Atmos.....	30
Auro-3D.....	33
MPEG-H и Sony 360 Reality Audio.....	34
Ambisonics (B-format).....	35
Основна разлика на Dolby Atmos спрямо Ambisonics:.....	42
Канално-базирано срещу обектно-базирано аудио: сравнителен анализ.....	43
1.1.6. Бинаурално аудио и HRTF (head-related transfer function).....	44
Локализация на звука.....	44
Как работи HRTF?.....	47
Значение на имърсив аудиото за потребителите и специалистите.....	53
ГЛАВА 2: Методически насоки за работа с имърсив аудио	54
2.1. Преглед на съществуващата литература.....	54
2.2. Анализ на изследване.....	54
2.3. Методически план и структура на учебната програма.....	57
2.3.1 Сътрудничество с индустрията и практиката.....	57
2.3.2. Интегриране в обучението по звукови технологии.....	58
2.4. Методически подход за обучение.....	63

2.4.1. Основи на акустиката. Акустична подготовка на стая за работа с Имърсив аудио.....	64
Какво представлява шумоизолацията и защо бихме имали нужда от нея?	64
Как да шумоизолираме помещението си?	64
Как работи акустичната обработка и защо бихме имали нужда от нея?.....	65
Видове акустични обработки.....	69
Абсорбери.....	71
Бас трапове	72
Дифузията в контекста на звука	74
2.4.2. Подбор и калибриране на Dolby Atmos система (7.1.4 или подобна конфигурация).....	79
Мониторинг	80
Основи на звука.....	80
Калибрация на помещението.	104
Стъпки при калибрация на стая.....	109
Целева крива за Dolby Atmos Music.....	113
DARDT Софтуер.....	115
Долби абривиатури за кодирано наименование на говорителите:	118
2.4.3. Подбор и настройка на система съобразно MPEG-H стандарта (Sony 360 Reality Audio).....	120
Технически основи и терминология	120
Дизайн на помещението за MPEG-H формат.....	122
Миксиране и мониторинг.....	134
2.4.4. Бинаурален звукозапис.....	145
Предимства и ограничения	146
2.4.5. Ambisonics Recording.....	146
Микрофони на пазара	147
2.4.6. Хардуерни и софтуерни изисквания	149
Хардуерни изисквания. Звукови интерфейси за Dolby Atmos	149
Интерфейси:	150
Сравнителен анализ на инструментите за продукция в Dolby Atmos, Auro-3D, MPEG-H и 360 Reality Audio	153
Dolby Atmos: производствени инструменти	153
Auro-3D: инструменти и архитектура.....	154
MPEG-H: авторинг и рендеринг инструменти.....	155
360 Reality Audio: производствени решения.....	156
Интеграция в цифрови аудио работни станции (DAWs)	157
Logic Pro X.....	157
Steinberg Nuendo и Cubase.....	157
Мултиканални плъгини: реверберация.....	157
Мултиканални плъгини: еквалайзер и лимитър	159
Urtix плъгини: от стерео към имерсивно аудио	160
Как работи Dolby Renderer.....	161
Бъдещи тенденции в технологиите за имърсив аудио	163
Напредъкът в добавената и виртуалната реалност (AR и VR).....	163
Автоматизирано позициониране на звука.....	164
2.5. Софтуерни Решения	165
2.5.1. Работа със софтуер за мултиканална обработка на звук (Pro Tools).	165

2.5.2. Създаване и настройка на сесия за Dolby Atmos 7.1.4 в Logic Pro 11.1	171
<i>ГЛАВА 3 - Дизайн на изследването и очаквани резултати</i>	<i>178</i>
3.1. Дизайн на изследване за оценка на уменията по работа с имърсив аудио	178
3.1.1 Участници	178
3.1.2. Етапи на Изследването	178
Етап 1: Въвеждащ Модул и Методически Курс	178
Етап 2: Практическа Задача – Създаване на Имърсив Микс	179
Етап 3: Оценка и Анализ	180
3.1.3. Очаквани Резултати от Изследването	181
Общи Тенденции	181
Очаквани Резултати като компонент от емпиричното изследване	182
<i>Глава 4 – Резултати и анализ от емпиричното изследване</i>	<i>184</i>
4.1. Обща Оценка	184
4.1.1. Детайлни Резултати по Студенти	184
4.2. Графично изобразяване на резултатите:	191
<i>Заключения и Препоръки</i>	<i>191</i>
Препоръки за бъдещо обучение:	192
Приноси на дисертационния труд	193
<i>Приложение 1. Снимков материал от проведеното изследване: ..</i>	<i>194</i>
<i>Списък с източници и материали</i>	<i>196</i>

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Структура на дисертацията

Дисертационният труд е изграден по класически модел за академично изследване, като съчетава **историко-теоретичен анализ, методическо изграждане и емпирична проверка.**

Основните части са:

- **Увод** – обосновка на темата, дефиниране на проблема, формулиране на цели, задачи, предмет и обект на изследването.
- **Глава първа** – Историческо развитие и технологичен контекст на имърсив аудиото. Тук се проследява еволюцията на звуковите формати: моно, стерео, quadro, сьраунд, многоканален звук и триизмерни стандарти.
- **Глава втора** – Методически насоки за работа с имърсив аудио. Разглеждат се съществуващи практики, технически изисквания, софтуерни решения и учебни подходи.
- **Глава трета** – Дизайн на изследването и експериментална проверка. Студентите преминават през конкретни етапи на обучение и създават имърсив микс.
- **Глава четвърта** – Резултати и анализ. Представят се качествени и количествени данни за придобитите умения и се извеждат основните тенденции.
- **Заклучение** – Обобщават се изводите и се формулират приносите на дисертацията.

Тази структура позволява плавен преход от теоретичната рамка към методическата разработка и накрая към емпиричното доказателство за ефективността на предложените решения.

Дисертационният труд е посветен на темата „Immersive audio (триизмерен звук) в контекста на обучението по звукови технологии“.

Имърсив аудиото представлява най-новият етап от развитието на звуковите технологии. То се отличава от традиционните

монофонични, стереофонични и съраунд системи по това, че въвежда допълнително измерение – вертикалната ос, и позволява на слушателя да възприема звука като идващ от всички посоки. Това се постига чрез различни подходи: използване на височинни канали, обектно-базирано аудио или Ambisonics клъстери от говорители, които създават усещането за цялостна акустична среда.

В последното десетилетие имърсив аудиото се утвърди като ключова парадигма в няколко основни индустрии:

- Музикалната индустрия – преиздаване на класически албуми в Dolby Atmos и Spatial Audio, нови продукции в обектно-базирани формати, адаптация на концертни записи.
- Киното и телевизията – почти всички съвременни блокбъстъри използват Dolby Atmos или DTS:X за създаване на завладяваща звукова среда.
- Гейминг индустрията – обектно-базираното аудио е решаващ фактор за реализъм и конкурентоспособност; PlayStation, Xbox и VR платформите внедряват собствени 3D аудио енджини.
- Музеи и инсталации – звуковият дизайн се превръща в част от експозицията, а имърсив форматите позволяват създаването на персонализирани акустични среди.

Значение за образованието

Докато тези технологии намират широко приложение в професионалната практика, образователните програми по аудио

технологии в България все още не са систематично адаптирани към новата реалност. Преобладаващата част от курсовете се концентрират върху класическите стерео и съраунд формати, което създава разрив между академичната подготовка и индустриалните изисквания.

В същото време се наблюдават три тенденции:

1. Нарастващ интерес на студентите към нови звукови среди и творчески експерименти.
2. Бърза промяна на индустриалните стандарти, която изисква професионалисти, способни да работят с имърсив формати.
3. Достъпност на технологиите – софтуерни решения като Logic Pro, Nuendo, Pro Tools и Ableton вече поддържат имърсив миксинг дори на персонални компютри, което позволява на студенти да експериментират и извън професионалните студиа.

Тези фактори превръщат разработването на методика за обучение по имърсив аудио в наложителна стъпка за модернизация на учебните програми.

Характеристика на изследването

Дисертационният труд съчетава теоретичен анализ и емпирично изследване.

1. Теоретичният раздел проследява развитието на звуковите формати – от монофонията и първите грамофонни плочи до

съвременните стандарти като Dolby Atmos, Auro-3D, MPEG-H и Ambisonics. Представени са и педагогически перспективи за интегрирането им в учебния процес.

2. Методологичната част предлага конкретни насоки за преподаване на имърсив миксинг: изграждане на стемове, пространствено разпределение, автоматизация, акустична подготовка и калибриране на системата.
3. Емпиричното изследване включва практическа задача, при която студенти създават имърсив микс по зададени критерии. Чрез наблюдение и анализ се установява какви умения придобиват и до каква степен подобряват компетенциите си.
4. Заключителната част обобщава приносите на дисертацията – както научни, така и приложни.

Дисертационният труд е с обем над 200 страници. В текста са интегрирани цитати от водещи автори и стандарти (Вахтер, Roginska, Geluso и др.), както и наблюдения от съвременната индустриална практика.

УВОД

В динамично развиващия се съвременен технологичен свят слуховото възприятие вече не се разглежда единствено като базово сетивно средство. То еволюира в интегриран механизъм, допринасящ за по-пълното и цялостно възприемане на визуалната информация. Визуалният канал остава основен за предаване на големи обеми данни в рамките на минимален времеви отрязък. Това

обаче не омаловажава значението на звука като самостоятелно природно явление, нито лишава звуковата информация от нейната стойност в отсъствието на визуален контекст.

Музиката представлява ясен пример за автономността на звуковото изкуство — тя продължава да съществува като самостоятелна форма на художествено изразяване, въпреки нарастващата тенденция за нейното използване като фон в други видове медийно съдържание, особено сред поколенията Z и Алфа. Въпреки това тя остава основен канал за пренос на емоции. Не случайно ако слушаме филм без картина, ще разберем много повече от колкото ако го гледаме без звук. Освен това една и съща сцена, но с различен музикален фон, може да доведе до съвсем различно разбиране от страна на зрителя за това какво всъщност се случва.

В областта на имърсив технологиите ще разгледаме звуковото съдържание във всичките му форми и измерения. От музика до кино, от видео игри до музейни експозиции.

„Ключът към миксирането на immersive музика е да се запази смисъла на песента, като същевременно се използват предимствата на разширеното и обогатено звуково пространство.“

(eBook-Immersive-Audio.pdf: 28)

С развитие на онлайн ресурсните курсове и безплатни обучителни платформи, както и платформите за свободно видеосъдържание тип youtube, или дори платените такива като

brilliant.org се забелязва тенденция младите хора да се самообучават в областта на звукови технологии. Най-често интересът им е насочен към звуков дизайн, аранжimenti, миксиране и мастериране.

„Аранжментът преобразува музикалната концепция в завършен продукт“ (Крондева, Музика, мултимедия и култура, 2024: 44). През последните две десетилетия благодарение на достъпните музикално-компютърни технологии, хора без формално музикално образование започнаха да създават музика, като някои от тях постигнаха значителен успех и допринесоха за възникването на нови жанрове, особено в електронната музика. Няма да разглеждаме дали това е позитивен или негативен аспект, но ще се придържаме към идеята до колко тези онлайн ресурси, без наличието на преподавател или някакъв друг авторитет в тази област са полезни и водещи в правилната посока.

Конкретно за триизмерния звук (immersive audio) обаче обучението е доста по-ограничено. Създаването на имърсив аудио студио в домашни условия е трудно поради високите разходи за хардуер, софтуер и специфичните изисквания към акустиката и големината на помещенията. Овладяването на техники за работа в такава среда е възможно единствено чрез практика в реална имърсив такава. Тук практиката взима превес над теорията. Теорията се простира до там, до където можем да изградим средства за анализ и критично слушане на звуковия резултат, което разбира се е изключително важно.

Понятиен апарат

Нека преди всичко изградим понятиен апарат – или поне да обясним понятието immersive audio. Според речниците думата

immersive означава потапящ, по смисъла на триизмерна картина, която ни заобикаля от всички страни и ние сме в нея. За целта на този труд ще използваме понятия като триизмерен звук, всеобхващащ, понякога дори обектно-ориентиран звук, но няма да използваме потапящ. Самите понятия имърсив звук или имърсив аудио, или дори имерсивен звук вече са се наложили като чуждици и достатъчно успешно намират приложение, така че да не изискват контекст около тях. За жалост всички останали български понятия изискват контекст. 3D звукът може да бъде криворазбран заради маркетингови похвати от миналото, съпровождащи съраунд звука. Съраунд звукът от своя страна е 2D, тъй като реално по спецификация не се предвиждат звукови тела по вертикала, независимо че поради липса на друга позиция те биват монтирани и по-високо от изискванията на технологията. Това може да доведе до объркване в идеята кое точно е 3D.

Определение и същност на имърсив аудиото

Имърсив аудиото, или както ще бъде наричано понякога 3D (триизмерен) звук, представлява форма на звуково възпроизвеждане, при която се въвежда трето измерение в аудиото – вертикалната ос. Това се реализира чрез използване на таванни високоговорители или чрез изграждане на многослойни конфигурации от съраунд канали в акустичната среда на миксинг стаята или киносалона – където концепцията има своите корени.

Две фундаментални парадигми разграничават технологичните подходи в имерсивното аудио: **канално-базирано**

аудио и обектно-базирано аудио. Именно тази диференциация придава уникален характер на имерсивните формати. Канално-базираните системи разчитат на фиксирани позиции на говорителите, докато обектно-базираните позволяват позициониране на отделни звукови елементи (обекти) в триизмерното пространство чрез координати и метаданни. Това води до висока гъвкавост и прецизност на възпроизвеждането.

ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, ОБЕКТ И ПРЕДМЕТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

В основата на настоящата дисертация стои една ясно формулирана главна цел – да се изследват и приложат методи за внедряване на имърсив аудио технологии в обучението по звукови технологии. Тази цел е многопластова, тъй като обхваща едновременно технологични, педагогически и творчески аспекти. От една страна, обучението трябва да запознае студентите с принципите на обектно-базираните и многоканалните формати, като ги научи да работят с водещи индустриални инструменти и да разбират особеностите на триизмерната звукова среда. От друга страна, също толкова важно е да се разработи методически модел на преподаване, който да отговаря на академичните стандарти, да бъде приложим в практиката и да развива у студентите способност за критично мислене, слухова чувствителност и креативност. Именно интеграцията между тези два аспекта – технически и педагогически – определя уникалността и значимостта на настоящото изследване.

За да се достигне до постигане на тази цел, дисертацията си поставя редица конкретни задачи, всяка от които отразява различен етап от изследователския процес. Първата задача е да се извърши исторически и теоретичен анализ на развитието на звуковите формати, започвайки от монофонията и преминавайки през стерео и съраунд технологиите, за да се стигне до съвременните имърсив решения. Проследяването на тези процеси има за цел не само да изгради научната основа на изследването, но и да очертае логическата еволюция на звуковото възприятие и неговите технически носители. Чрез този обзор студентите ще могат да разберат как историческите експерименти – включително неуспешни опити като квадрофонията – са довели до днешните индустриални стандарти.

Втората важна задача е свързана с анализа на съвременните имърсив формати и стандарти. В рамките на дисертацията подробно се разглеждат Dolby Atmos, Auro-3D, MPEG-H, Sony 360 Reality Audio и Ambisonics, като се изследва тяхната техническа архитектура, приложни области и педагогически потенциал. Сравняват се канално-базираните системи с обектно-базираните, за да се изведат предимствата и ограниченията на всеки подход. Така студентите могат да осмислят не само техническите различия, но и да развият критично разбиране за това кога и как да използват даден формат.

Третата задача е свързана с методическата разработка на учебен модел. В този раздел дисертацията предлага конкретни педагогически стратегии за преподаване на имърсив звуково

смесване. Включени са поетапни упражнения, които започват от основите на панорамирането и пространственото разпределение и завършват със създаването на пълноценен триизмерен микс. Методиката не се изчерпва с техническите указания, а поставя акцент върху развитието на слуховите навици и творческите способности на студентите. По този начин се постига баланс между академична дисциплина и артистично изразяване.

Четвъртата задача е провеждането на експериментално изследване. Студентите участват в практическа задача, която включва изграждане на имърсив микс в реална студийна среда. Този експеримент позволява да се проследи как предложената методика работи на практика, какви затруднения срещат участниците и какви умения успяват да усвоят. Важна част от този процес е и оценката на готовите миксове по определени критерии – баланс, пространственост, кохезия и разбираемост. Чрез тази задача се осигурява емпирична основа, върху която се стъпва за формулиране на окончателните изводи.

Петата задача е свързана с анализа и приноса на резултатите. Систематизирането на емпиричните наблюдения позволява да се направи обективна оценка за ефективността на предложената методика. Така се формулират конкретни научни и приложни приноси, които не само допринасят за теоретичната база на аудио педагогиката, но и имат потенциал за пряко внедряване в учебния процес.

Що се отнася до обекта на изследването, той обхваща целия процес на обучение по звукови технологии, разгледан в условията на имърсив аудио. Това включва както традиционните методи на преподаване, така и новите форми на взаимодействие между преподаватели, студенти и технологична среда. Обектът е широк, защото разглежда не само техническото овладяване на имърсив формати, но и културните, педагогическите и организационните аспекти на тяхното въвеждане в университетската практика.

Предметът на изследването е по-конкретен и се фокусира върху методологията за преподаване на имърсив смесване. Тук става дума за набор от стратегии, подходи и процедури, които дават възможност на студентите да овладеят пространственото разпределение на звуковите обекти, да използват специализиран софтуер и хардуер и да развият усет за критично слушане. Предметът включва и творческите аспекти на миксирането – как движението на звука и вертикалното разположение могат да се използват като художествени средства.

За целите на изследването е формулирана и работна хипотеза. Тя гласи, че ако се създадат необходимите условия за обучение по имърсив аудио – наличие на подходяща студийна среда, достъп до специализиран софтуер и ясни методически указания – студентите ще демонстрират значително подобрение в своите технически и творчески умения. Това подобрение ще се изрази не само в способността им да създават качествени имърсив миксове, но и в по-добрата им адаптация към реалните изисквания на аудио индустрията.

Очакваните резултати от дисертационното изследване са свързани с повишаване на техническата компетентност на студентите, развитието на тяхното творческо мислене и усъвършенстването на критичното слушане. Освен това се очаква методиката да улесни тяхната интеграция в професионалната среда, като ги подготви за работа със съвременни формати и технологии. Така изследването не само допринася за научната общност, но и има пряко практическо значение за подобряване на качеството на висшето образование в областта на звуковите технологии.

Обобщение:

1. Главна цел

Основната цел на дисертационния труд е да се изследват и приложат методи за внедряване на имърсив аудио технологии в обучението по звукови технологии.

Тази цел включва два основни аспекта:

1. Технологичен – усвояване на принципите на обектно-базираното и многоканално аудио, овладяване на инструментите за продукция и миксиране в триизмерна звукова среда.
2. Педагогически – разработване на методически модел, който да адаптира обучението към съвременните индустриални изисквания, като същевременно стимулира творческото мислене и практическите умения на студентите.

2. Основни задачи

За постигане на тази цел са формулирани следните основни задачи:

1. Исторически и теоретичен анализ

- Проследяване на еволюцията на аудио форматите – от моно и стерео до съвременните обектно-базирани стандарти.
 - Изследване на успешни и неуспешни опити за въвеждане на нови формати (например квадрофонията).
2. Преглед на съвременните имърсив формати и стандарти
- Анализ на Dolby Atmos, Auro-3D, MPEG-H, Sony 360 Reality Audio и Ambisonics.
 - Сравнителен анализ между канално-базирано и обектно-базирано аудио.
3. Методическа разработка
- Разработване на педагогически подходи за преподаване на имърсив миксинг.
 - Създаване на поетапна методика за работа с триизмерен звук (стемове, панорамиране, автоматизация, калибрация).
4. Експериментално изследване
- Дизайн и провеждане на учебен експеримент със студенти.
 - Практическа задача: създаване на имърсив микс в реална студийна среда.
 - Оценка на резултатите чрез качествени и количествени методи.
5. Анализ и принос
- Обобщаване на резултатите и оценка на ефективността на методиката.

- Формулиране на научни и приложни приноси.

3. Обект на изследването

Обект на изследването е процесът на обучение по звукови технологии, разгледан в условията на имърсив аудио.

Това включва:

- учебни практики и подходи, използвани във висшето образование;
- взаимодействие между студенти, преподаватели и технологична среда;
- адаптация на традиционните модели към новите технологични реалности.

4. Предмет на изследването

Предмет на изследването е методологията за преподаване на имърсив миксинг – конкретни педагогически стратегии, технически решения и процедури, чрез които студентите могат да овладеят умения за работа в триизмерна звукова среда.

Това включва:

- усвояване на техники за пространствено разположение на звукови обекти;
- работа със специализиран софтуер и хардуер;
- развиване на умения за критично слушане и анализ;
- прилагане на експериментални задачи в реална учебна среда.

5. Работна хипотеза

Изследването се ръководи от следната работна хипотеза:

Ако бъдат създадени необходимите условия за обучение по имърсив аудио (достъп до подходяща студийна среда, методически насоки и практически задачи), студентите ще демонстрират

значително подобрене в разбирането и прилагането на тези технологии, което ще доведе до по-добра професионална подготовка и конкурентоспособност на пазара на труда.

6. Очаквани резултати

В резултат от изпълнението на поставените задачи се очаква:

- Подобряване на техническите умения – овладяване на миксиране в многоканална среда.
- Развитие на творческо мислене – прилагане на пространствени техники за постигане на художествен ефект.
- Повишаване на критичното слушане – оценка на пространствени аспекти като дълбочина, ширина и височина.
- Адаптация към индустриални практики – готовност за работа с Dolby Atmos, Ambisonics и други формати.

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО И СТЪПКИ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕТО НА ИМЪРСИВ МИКС

Методологическата рамка на настоящото изследване съчетава както теоретичен анализ, така и практическо приложение. При работата с имърсив аудио се установява, че само теоретичното знание е недостатъчно, тъй като студентите трябва да усвоят умения, които изискват непосредствено участие в реална студийна среда. Затова в дисертацията е приложен модел, който комбинира систематично разглеждане на стандартите и форматите с поетапни

упражнения и експериментални задачи. Методологията е изградена така, че студентът да премине от историко-теоретична подготовка, през технически умения, до създаването на цялостен имърсив микс.

Подготовка на имърсив среда

Създаването на имърсив аудио среда предполага определени изисквания към хардуера и акустиката. Многоканалната озвучителна система е в основата на подобна среда. Обикновено минималната конфигурация, която позволява пълноценна работа, е 7.1.4, включваща седем хоризонтални канала, един субуфер и четири таванни говорителя. Подобна система позволява реалистична репродукция на пространствените ефекти и е в съответствие с индустриалните стандарти. Към това е необходимо да се добави висококачествен звуков интерфейс с достатъчен брой изходи, за да може да управлява всички канали едновременно, както и монитор контролер, който осигурява гъвкавост при управлението на нивата. Компютърната станция трябва да е оборудвана със софтуер като Pro Tools, Logic Pro или Nuendo, които поддържат имърсив формати. Важно е да се осигурят и качествени слушалки с бинаурален процесиращ софтуер, които да дават възможност за предварителен мониторинг в ограничена среда.

Акустичната подготовка е не по-малко съществена от техническата. Стаята, в която ще се работи, трябва да бъде изолирана от външни шумове чрез подходящи материали и конструктивни решения. Вътрешната акустична обработка включва комбинация от абсорбери, бас трапове и дифузори, които

балансира времето на реверберация и предотвратяват нежелани отражения. Особено внимание трябва да се обърне на нискочестотния диапазон, където стоящите вълни могат да изкривят възприятието на баса. След изграждането на акустичната обработка се извършва калибрация на системата. Чрез тестови сигнали се настройват нивата на отделните канали, компенсират се времевите закъснения и се проверява честотната характеристика спрямо референтни криви, като например Dolby Music Curve. Тази стъпка е критична, тъй като без коректна калибрация цялата методика би се основавала на грешно възприета звукова картина.

От гледна точка на софтуерните решения, ключова роля играят инструментите за авторинг и рендерирание. Dolby Atmos Renderer е стандартен софтуер за създаване на ADM файлове и за контрол върху движението на звуковите обекти. Auro-3D Creative Suite предлага възможности за канално-базирано 3D аудио, което е полезно в кинопродукции и музикални записи. MPEG-H Authoring Tools предоставя интерактивни функции за телевизионни излъчвания и онлайн платформи, позволявайки на слушателя да регулира баланса между реч и музика. За VR и AR приложения Ambisonics пългините (например Waves B360 или Facebook 360 Spatial Workstation) са незаменими, тъй като дават възможност за кодиране и възпроизвеждане на 360-градусово аудио. По този начин технологичната подготовка обхваща пълния спектър от индустриални практики, а студентите се запознават с най-разпространените инструменти.

Поетапни стъпки при изграждането на имърсив микс

Първата стъпка в изграждането на имърсив микс е създаването на стемове от съществуващия стерео микс. Това разделяне има ключова роля, защото позволява по-прецизен контрол върху отделните групи инструменти. Например барабаните могат да бъдат изнесени на четири до осем отделни трака, които включват бас барабан, малък барабан, томове, чинели и овърхед микрофони. По същия начин се обособяват отделни стемове за вокали, китари, бас и клавишни. Важното е тези стемове да се подготвят без пространствени ефекти – реверберации и делей, за да не се ограничи възможността за повторно пространствено разпределение в триизмерната среда. Тази стъпка осигурява „чист“ материал за работа и дава на студентите свобода при творческите решения.

След като стемовете са подготвени, се изгражда базовата звукова среда. В нея се позиционират основните елементи на композицията, които обикновено формират фронталната сцена. Това са водещият вокал, барабаните и басът. Те създават звуковия „гръбнак“, върху който се надграждат останалите слоеве. В този етап се работи внимателно с нивата и панорамата, за да се постигне стабилен и ясен център на звуковата картина. За студентите този процес е важен, защото изгражда усещане за баланс и разбиране на ролята на всеки елемент в цялостното звучене.

Третата стъпка е пространственото разпределение по хоризонтала. Тук инструментите и ефектите се разполагат вляво, вдясно и в дълбочина (отпред–отзад). Целта е да се постигне

усещане за широчина и дълбочина на звуковото поле. Например китарите могат да се разположат леко встрани, клавишните – поназад, а беквокалите – от двете страни на централната ос. Важно е да се избягва прекалено силното отделяне на инструментите, за да не се получи разкъсване на звуковата сцена. При анализа студентите се учат да търсят баланс между яснота и единство, като усвояват уменията да управляват звуковото пространство.

След хоризонталното разпределение се преминава към вертикалното. Това е специфична характеристика на имърсив аудиото, която го отличава от традиционните съраунд системи. Височинните канали дават възможност да се разполагат амбиентни звуци, ефекти и музикални слоеве над главата на слушателя. Например реверберационните опашки могат да бъдат насочени нагоре, което създава усещане за височина и отворено пространство. В някои случаи се добавят звуци на летящи обекти, птици или атмосферни ефекти (в зависимост от продукцията), които подчертават пространственото усещане. Тази стъпка изисква особено внимание към художествената страна на микса, защото прекалената употреба на вертикални ефекти може да наруши баланса.

Следващата стъпка е добавянето на допълнително пространство чрез многоканални ефекти. Реверберацията и делей ефектите могат да бъдат прилагани по различен начин към отделните обекти, като създават усещане за дълбочина и реализъм. Обектно-базираните реверберации дават възможност да се контролира пространствената позиция на всяка реверберационна

опашка. Така студентите виждат, че пространственото оформление не е просто добавяне на ефект, а комплексна работа с акустична среда.

Една от най-важните характеристики на имърсив аудио е възможността за динамично движение на звуковите обекти. Чрез автоматизация може да се създаде илюзия за движение – звукът на кола, преминаваща отляво надясно и над главата на слушателя, или въртене на звуков ефект около централната ос. Това движение не е само технически трик, а художествено средство, което може да изгради драматургия и да повиши емоционалното въздействие. За студентите това е ключова част от обучението, защото ги учи как да мислят пространствено и как да използват движението за подсилване на музикалния разказ.

След като всички елементи са разположени, се преминава към изграждането на кохезия между тях. Пространственото разделяне е полезно, но ако липсва обединяващ фактор, миксът може да звучи фрагментирано. За целта се използват общи реверберационни среди, динамична обработка и внимателно управление на фазовите връзки. Целта е да се постигне усещане, че всички звуци съществуват в една и съща акустична среда, а не са случайно разпръснати в пространството. Този процес развива у студентите умения за критично слушане и усет за единство.

Преди миксът да бъде финализиран, се извършва проверка на разбираемостта. Това включва прослушване на различни нива на силата и в различни конфигурации – пълна имърсив система, стерео

downmix или бинаурален рендеринг. Проверява се дали вокалите са достатъчно отчетливи, дали инструментите не се маскират взаимно и дали пространствените ефекти не пречат на разбирането на основното съдържание. Чрез тези тестове студентите развиват навик да оценяват обективно своите миксове и да извършват корекции при необходимост.

Финалният етап е проверка на калибрирането на мониторинг системата, внасяне на нужните корекции и експортирането на готовия микс. Калибрацията гарантира, че нивата на всички говорители са изравнени и времевите закъснения са компенсирани. Това осигурява точна репродукция на замисъла на звукорежисьора. Експортирането се извършва в различни формати според предназначението – ADM BWF за стрийминг, Dolby Digital Plus за телевизия, Ambisonics за VR приложения. По този начин студентите се запознават не само с процеса на създаване на микса, но и с неговата реализация в реалната индустрия.

ЕМПИРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ И РЕЗУЛТАТИ

Емпиричната част на дисертацията има ключово значение, защото проверява на практика ефективността на разработената методика за обучение по имърсив аудио. Докато теоретичните глави представят историческия контекст и технологичните особености на триизмерното аудио, именно експерименталното изследване позволява да се установи дали студентите могат да усвоят тези знания и да ги приложат в реална студийна среда. За целта е разработен дизайн на изследването, който включва три

последователни етапа: въвеждащ модул с лекции и демонстрации, практическа задача по изграждане на имърсив микс и финална оценка на постигнатите резултати.

В първия етап студентите преминаха през теоретичен курс, насочен към историята и съвременното развитие на имърсив аудиото. Целта на този модул бе да се изгради базово разбиране за различните формати – Dolby Atmos, Auro-3D, MPEG-H и Ambisonics – и да се анализират техните предимства и ограничения. Лекциите включваха и демонстрации на реални примери от музикалната, филмовата и гейминг индустрията, за да се покаже как тези технологии функционират в професионален контекст. Още на този етап студентите бяха насърчени да правят сравнения между традиционния стерео микс и имърсив версията на същото произведение, което им помогна да усетят разликата в пространствеността и въздействието върху слушателя.

Вторият етап от изследването бе посветен на практическата задача – създаването на имърсив микс. Всеки студент трябваше да работи върху предварително подготвени стемове, разделени по инструментални групи: барабани, бас, китари, клавишни, вокали и ефекти. Задачата включваше изграждане на пространствена картина чрез хоризонтално и вертикално разпределение, добавяне на амбиентни ефекти и създаване на движение чрез автоматизация. Изискването беше миксът да запази баланса и разпознаемостта на отделните елементи, като същевременно се възползва от триизмерното пространство. По този начин студентите не просто усвоиха нови технически похвати, но и развиха слухова

чувствителност към пространствени параметри като широчина, дълбочина и височина.

По време на изпълнението на задачата се проведеха наблюдения, които имаха за цел да регистрират както техническите затруднения, така и творческите решения на студентите. Някои от участниците срещнаха трудности при работата с многоканалните реверберации и при синхронизирането на движението на обектите. Други пък проявиха оригиналност, като използваха вертикалната ос за разполагане на вокални хармонии или амбиентни звуци, създавайки впечатляващи художествени ефекти. Тези наблюдения показаха, че методиката стимулира индивидуалния подход на всеки студент, като им предоставя свобода за експериментиране и развитие на собствен стил.

Третият етап бе свързан с оценката на резултатите. Всеки готов микс бе подложен на анализ по определени критерии: баланс между инструменталните групи, разбираемост на вокала, пространствена кохезия, динамика и художествена стойност. Освен това бяха направени тестове за възпроизвеждане в различни среди – пълна имърсив система, стерео downmix и бинаурален рендеринг чрез слушалки. По този начин се проверяваше дали миксовете запазват своята цялост и при редуциране на броя на каналите. Резултатите показаха, че при повечето студенти пространствените решения се трансформираха убедително и в по-ограничена среда, което е свидетелство за добре обмислена продукция.

Освен формалната оценка от преподавателя бе включен и елемент на колегиална обратна връзка. Студентите изслушаха проектите на своите колеги и дадоха коментари относно пространственото усещане, динамиката и емоционалното въздействие. Това създаде допълнителен слой на рефлексия, тъй като младите звукорежисьори се научиха не само да защитават своите творчески решения, но и да аргументират критиката си към чуждите проекти. В резултат на това се формира учебна среда, която поощрява диалог, сътрудничество и взаимно обогатяване на опита.

Анализът на резултатите показва няколко важни тенденции. Първо, студентите бързо възприеха концепцията за вертикалното измерение и започнаха да използват таванните канали за създаване на простор и динамика. Второ, автоматизацията се оказва предизвикателна, но след упражнения повечето участници успяха да създадат убедителни движения на обектите, които добавят драматургичност на микса. Трето, умението за постигане на кохезия между елементите се разви постепенно, като в началото миксовете звучаха разпокъсано, а в крайния етап вече се усещаше единна звукова среда. Тези резултати потвърждават, че предложената методика е ефективна и води до реално подобряване на уменията.

Количествените данни от анкетите, проведени преди и след експеримента, също подкрепят този извод. В началото значителна част от студентите заявиха, че имърсив аудиото им изглежда сложно и трудно достъпно, а след приключване на курса по-голямата част от тях определиха задачата като предизвикателна, но мотивираща и полезна за бъдещата им кариера. Много от анкетираните изразиха

желание да продължат да работят с триизмерен звук и да задълбочат знанията си. Този резултат е показателен за силния мотивационен ефект на практическото обучение.

Не по-малко важни са и качествените наблюдения, свързани с емоционалното и творческо въздействие на имърсив аудиото. По време на експеримента студентите многократно споделяха, че работата в триизмерна среда им дава нови възможности за изразяване и ги кара да мислят музиката като „пространствена композиция“, а не просто като линейно подреждане на звуци. Това подсилва работната хипотеза, че имърсив аудиото не е само технологична иновация, а и ново художествено средство, което стимулира креативността.

В заключение на тази част може да се обобщи, че емпиричното изследване доказва приложимостта и ефективността на разработената методика. Студентите показаха ясно изразен напредък в уменията си за работа с триизмерен звук, а техните проекти демонстрираха разбиране за пространствените възможности на имърсив аудиото. Освен техническо усъвършенстване, изследването отчете и значителен мотивационен ефект – участниците развиха желание да работят и да се усъвършенстват в тази област, което е предпоставка за устойчиво професионално развитие.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Един от основните научни приноси на дисертацията е систематизирането на развитието на звуковите формати от монофония до съвременните имърсив технологии. Макар че по света съществуват редица публикации, които разглеждат отделни етапи от тази еволюция, за първи път в български академичен контекст се предлага цялостен исторически обзор, който проследява връзките между техническите иновации и културните промени в начина, по който обществото възприема звука. Този обзор не е само описателен, а служи като основа за разбиране на актуалните тенденции и за аргументиране на необходимостта от нови педагогически практики.

Друг съществен принос е разработването на методология за преподаване на имърсив аудио, която съчетава технически процедури с педагогически стратегии. В дисертацията е предложен поетапен модел за изграждане на имърсив микс, който започва от създаването на стемове и достига до финалния експорт в индустриални формати. Всеки етап е разгледан не само като техническа операция, но и като учебна задача, която развива у студентите умения за критично слушане, пространствено мислене и художествено изразяване. Тази методика може да бъде приложена в университетски курсове, в специализирани майсторски класове и дори в онлайн платформи за обучение.

Приложен принос на труда е създаването на практически ръководства за работа със софтуерните решения Dolby Atmos

Renderer, Logic Pro, Nuendo и други цифрови аудио работни станции. Тези ръководства включват стъпка по стъпка инструкции за конфигуриране на сесия, настройка на I/O параметри, използване на панорамиращи инструменти и автоматизация. Те са съобразени с възможностите на студентите и са адаптирани така, че да бъдат разбираеми дори за начинаещи, но същевременно да отговарят на изискванията на професионалната практика. По този начин дисертацията предлага не само теоретична рамка, но и конкретни инструменти за обучение, които могат да бъдат внедрени веднага в учебния процес.

Особено ценен е приносът, свързан с разработването на акустични и технически решения за подготовка на работни студиа, пригодени за имърсив аудио. В труда се представят процедури за шумоизолация, акустична обработка, разполагане на говорители и калибрация на системата. Подобни насоки са изключително важни, защото създаването на имърсив студио често се възприема като скъпо и трудно изпълнимо начинание. Дисертацията показва, че с внимателно планиране и разумен бюджет е възможно да се изгради ефективна среда, която да подготви професионалистите за работа с тези формати.

Важен принос е и провеждането на емпирично изследване със студенти, което демонстрира как предложената методика функционира на практика. Чрез наблюдение и анализ на техните проекти се доказва, че дори в ограничена времева рамка участниците успяват да усвоят нови умения, да развият пространствен слух и да създадат пълноценни имърсив миксове.

Резултатите показват също така, че студентите проявяват по-висока мотивация и желание да продължат да работят в тази област, което е индикатор за силния педагогически ефект на практическото обучение.

Не на последно място, приносът на дисертацията се изразява и в създаването на мост между академичното образование и индустриалната практика. Чрез включването на реални примери от музикалната индустрия, киното, гейминга и музейните инсталации трудът показва, че имърсив аудиото не е изолирана технология, а част от глобална културна трансформация. В този смисъл изследването предлага основа за бъдещо сътрудничество между университетите и професионалните студиа, както и за разработване на нови учебни програми, които да интегрират студентите в световната аудио общност.

В заключение може да се каже, че приносите на дисертацията са както научни, така и приложни. От една страна, тя допринася за развитието на академичната мисъл в областта на звуковите технологии, като предлага нови гледни точки и систематизира знанията за имърсив аудио. От друга страна, тя предоставя конкретни методически решения, които могат да бъдат внедрени незабавно в образователната практика. Тази двойна насоченост – към теория и към практика – превръща труда в ценен ресурс както за изследователи, така и за преподаватели и студенти.

Заклучение

Изследването ясно показва отчетливи разлики в нивото на усвоени умения между студентите, които преминаха през предложената обучителна програма. Докато част от участниците демонстрират отличен контрол върху работата с имърсив аудио, съчетан с креативност и способност за изграждане на сложни пространствени сцени, други проявяват значителни пропуски в овладяването на основните настройки и принципи на многоканалното смесване. Тези разлики не са изненадващи, тъй като овладяването на триизмерното аудио изисква специфични слухови умения, абстрактно мислене и способност за пространствено въображение. Това са качества, които не се развиват еднакво бързо при всички студенти и зависят както от техния предходен опит, така и от личните им нагласи към експериментиране и усвояване на нови технологии.

Резултатите до голяма степен съвпадат с очакванията, формулирани в началото на изследването. Високата степен на сложност на материята предполага, че само част от студентите ще могат в кратки срокове да достигнат до ниво, при което да използват имърсив технологиите с увереност и артистично самочувствие. Останалите се нуждаят от по-продължителен процес на обучение и от повече практическа подкрепа, за да изградят стабилна основа. Този факт само потвърждава необходимостта от систематичен методически модел, който да направлява обучението и да минимизира риска от фрагментарно или повърхностно усвояване на знанията.

Предложеният методически модел доказва своята ефективност именно чрез рационализиране на процеса и свеждането му до елементарни, но последователни стъпки, които могат да бъдат изпълнени от всеки студент. Подобна структура на обучение не само улеснява първоначалния контакт с триизмерния звук, но и създава основа за постепенно усложняване на задачите. Студентите, които поначало срещат трудности, получават възможност да усвоят знанията в логическа последователност, без да се обезсърчават от прекомерно сложни изисквания. От своя страна, онези, които вече демонстрират висока компетентност, имат възможност да използват същите стъпки като отправна точка за по-креативни и амбициозни експерименти.

Значим принос на този модел е, че той създава условия за развитие на абстрактното мислене, което е в основата на работата с имърсив аудио. Студентите се учат да възприемат звука не като линейна подредба от слоеве, а като динамична триизмерна конструкция, в която всеки елемент има своя позиция и роля. Така се изгражда умение за мислене „в пространство“, което е трудно за овладяване, но от съществено значение за съвременния звукорежисьор.

В заключение може да се каже, че дисертационното изследване не само потвърждава работната хипотеза, но и предлага конкретен път за подобряване на обучението в областта на имърсив аудиото. Разработеният методически модел се оказва ефективен инструмент за преодоляване на предизвикателствата, свързани със сложността на материята и разнообразието от индивидуални умения

сред студентите. Той създава баланс между достъпност и амбициозност, между технически инструкции и творческа свобода. Това го прави ценен принос към педагогическата практика и предпоставка за по-нататъшно развитие на образованието в сферата на звуковите технологии.

Препоръки за бъдещо обучение:

- **Индивидуализиран подход:** За студентите с по-слаби резултати е препоръчително да се осигури допълнително индивидуално обучение и практика, фокусирано върху основните концепции за рутиране, калибриране и организация на проекта.
- **Фокус върху креативността:** За студентите с добри резултати, бъдещите задачи могат да включват по-сложни и креативни предизвикателства, които да стимулират експериментирането с пространствеността, автоматизацията и ефектите.
- **Практически часове:** Увеличаване на практическите часове в имерсивно студио, за да могат студентите да придобият повече опит в реална среда.
- **Обратна връзка:** Продължаване на детайлната и конструктивна обратна връзка за всеки микс, като се посочват конкретни области за подобрене.

Чрез прилагането на тези препоръки, университетът може да подпомогне студентите да развият пълния си потенциал в областта на имерсивното аудио, подготвяйки ги за предизвикателствата на съвременната аудио индустрия.

Обзор на приносите на дисертационния труд.

- Направен е исторически обзор, при който се проследява развитието в областта на обемния звук – едно, две и три-дименсионален – от ерата на монофонията до наши дни, като са разгледани и неуспешните експерименти в тази посока за целия период, както и защо са се провалили – социални, технологични и естетически причини.
- Направен е системен анализ на хардуерните и софтуерните решения за работа с имърсив аудио.
- Синтезиран е подробен анализ на методите за акустична обработка на помещение, подходящо за работа с триизмерен звук.
- Създаден е методически модел за обучение на студенти в имърсив среда.
- Проведен е експеримент за проверка на успешното прилагане на методическия модел.
- Изготвени са графични модели на анализа от резултатите от проведеното изследване.

Списък с източници и материали

Baxter, D. (2022). Immersive sound production: A practical guide. Focal Press.

Blauert, J., & others. (2021). Immersive audio: Capture, transport, and rendering – A review. Cambridge University Press.

<https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/A39094D58238A0F66750D48362D5FF17/S2048770321000123a.pdf/immersive-audio-capture-transport-and-rendering-a-review.pdf>

British Museum. (2023). Звук в музеите: Подобряване на изживяванията със звук.

<https://www.britishmuseum.org/collection/galleries/living-and-dying/soundscape-offering>

Century AV. (n.d.). Immersive sound technologies: Dolby Atmos and beyond. <https://centuryav.com/immersive-sound-technologies-dolby-atmos-and-beyond/>

Dolby. (n.d.). How to design a Dolby Atmos mix room.

<https://dolby.my.salesforce.com/sfc/p/#7000000009YuG/a/4u000000B3PN/Q3sAvwrf8udvxMoDy6lolSQJrXPp21XYuUvZFeeQQ4>

Dolby Laboratories. (2023). Dolby Atmos.

<https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-atmos.html>

Dolby Professional. (n.d.). Dolby Atmos documentation.

<https://professional.dolby.com/gaming/gaming-getting-started/dolby-atmos-documentation/#atmos>

Dolby Professional Support. (n.d.). Best practices for Dolby Atmos music

studios. https://professionalsupport.dolby.com/s/article/Dolby-Atmos-Music-Studio-Best-Practices?language=en_US

Dolby Professional Support. (n.d.). Dolby Atmos home entertainment + music studio technical guidelines.

https://professionalsupport.dolby.com/s/article/Dolby-Atmos-Home-Entertainment-Studio-Technical-Guidelines?language=en_US

Dolby Professional Support. (n.d.). Music room calibration FAQs.

https://professionalsupport.dolby.com/s/article/Music-Room-Calibration-FAQs?language=en_US

Engineering Toolbox. (n.d.). Noise criterion (NC) levels: Definitions, standards & calculator. https://www.engineeringtoolbox.com/noise-criterion-d_725.html

https://www.engineeringtoolbox.com/noise-criterion-d_725.html

Fraunhofer IIS. (n.d.). Fraunhofer Audio Blog.

<https://www.audioblog.iis.fraunhofer.com/mhapi-v2-0>

Grewe, Y., & Scuda, U. (2020). Studio recommendations for 3D audio production with MPEG-H audio (Technical paper). Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS.

https://www.iis.fraunhofer.de/content/dam/iis/de/doc/ame/wp/FraunhoferIIS_TechnicalPaper_Studio_Recommendations_3DAudio-MPEG-H.pdf

Headliner Hub. (n.d.). Genelec R&D director Aki Mäkivirta on the power of new UNIO PRM system. <https://headlinerhub.com/genelec-aki-m%C3%A4kivirta-unio-prm-interview.html>

International Telecommunication Union. (2015). Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems (Recommendation ITU-R BS.1116-3).

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1116-3-201502-I!!PDF-E.pdf

Małecki, P., Stefańska, J., Szydłowska, M. (2024). Assessing Spatial Audio: A Listener-Centric Case Study on Object-Based and Ambisonic Audio Processing

https://acoustics.ippt.pan.pl/index.php/aa/article/view/3900/pdf_748