

Umjetna inteligencija u audio produkciji

Petran, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:574874>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

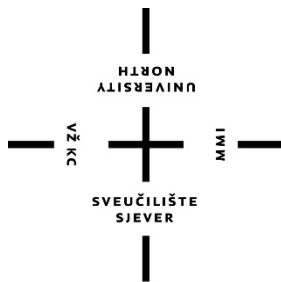
Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-31**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





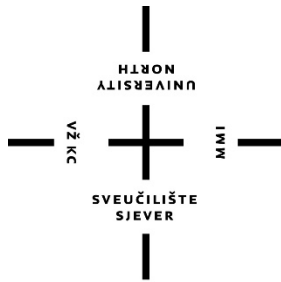
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 002/GIM/2024

Umjetna inteligencija u audio produkciji

Matej Petran, 0130359523

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za umjetničke studije

Završni rad br. 002/GIM/2024

Umjetna inteligencija u audio produkciji

Student

Matej Petran, 0130359523

Mentor

prof. dr. sc. Kristian Jambrošić

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Umjetnički studiji

STUDIJ Glazba i mediji

PRISTUPNIK Matej Petran

MATIČNI BROJ 0130359523

DATUM 13.9.2024.

KOLEGIJ Tonsko snimanje i audio produkcija II

NASLOV RADA Umjetna inteligencija u audio produkciji

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Artificial intelligence in audio production

MENTOR Kristian Jambrošić

ZVANJE prof. dr. sc.

ČLANOVI POVJERENSTVA

- doc. mr. art. Ivan Batoš, predsjednik
- izv. prof. mr. art. Sofija Cingula, članica
- prof. dr. sc. Kristian Jambrošić, mentor
- doc. dr. sc. Martina Mičija Palić, zamjenska članica
-

Zadatak završnog rada

BROJ 002/GIM/2024

OPIS

Završni rad istražuje primjenu umjetne inteligencije u audio produkciji, s naglaskom na poboljšanje ključnih procesa poput miješanja (miksiranja), masteringa (završne obrade), generiranja zvukova te surround (okružujućeg) zvuka. Rad pokazuje kako AI ubrzava tehničke aspekte produkcije te omogućava automatsko prilagođavanje parametara i brže postizanje željenih rezultata. AI alati se koriste u mnogim segmentima, uključujući pluginove (dodatke) za kompresiju, ekvalizaciju, reverb (odjek), generiranje samplova (uzoraka) i glazbe te za automatizirano miksiranje i mastering. Osim toga, AI tehnologija dio je i surround sustava koji koriste AI algoritme za stvaranje dojma višekanalnog zvuka te se prilagođavaju akustici prostorije i potrebama korisnika. Unatoč prednostima, poput uštede vremena i eksperimentiranja s novim zvukovima, AI još uvijek ima ograničenja u kreativnosti i originalnosti. Iako AI može značajno unaprijediti tehničke aspekte produkcije, ljudska kreativnost ostaje ključna, a umjetna inteligencija i dalje ne može zamijeniti umjetničku intuiciju i izražavanje.

ZADATAK URUČEN 13.9.2024.



[Handwritten signature]

Predgovor

Zahvaljujem mentoru, profesorima i kolegama s kojima sam proveo tri predivne i nezaboravne godine na ovom studiju. Osim što sam stekao vrijedna znanja i vještine, imao sam privilegiju upoznati ljude koji su istinski posvećeni svom radu, veliki profesionalci i uvijek spremni pružiti pomoć. Također, želim izraziti duboku zahvalnost svojoj obitelji za njihovu stalnu podršku i sve oblike pomoći koje su mi pružili tijekom cijelog mog obrazovanja.

Sažetak

Završni rad istražuje primjenu umjetne inteligencije u audio produkciji, s naglaskom na poboljšanje ključnih procesa poput miješanja (miksanja), završne obrade (masteringa), generiranja zvukova te okružujućeg (surround) zvuka. Rad pokazuje kako AI ubrzava tehničke aspekte produkcije te omogućava automatsko prilagođavanje parametara i brže postizanje željenih rezultata. AI alati se koriste u mnogim segmentima, uključujući dodatke (pluginove) za kompresiju, ekvalizaciju, odjek (reverb), generiranje uzoraka (samplova) i glazbe te za automatizirano miksanje i mastering. Osim toga, AI tehnologija dio je i surround sustava koji koriste AI algoritme za stvaranje dojma višekanalnog zvuka te se prilagođavaju akustici prostorije i potrebama korisnika. Unatoč prednostima, poput uštede vremena i eksperimentiranja s novim zvukovima, AI još uvijek ima ograničenja u kreativnosti i originalnosti. Iako AI može značajno unaprijediti tehničke aspekte produkcije, ljudska kreativnost ostaje ključna, a umjetna inteligencija i dalje ne može zamijeniti umjetničku intuiciju i izražavanje.

Ključne riječi: AI plugin, AI generiranje zvuka, AI generiranje glazbe, AI miksanje, AI mastering, AI surround

Abstract

The thesis explores the application of artificial intelligence (AI) in audio production, with a focus on enhancing key processes such as mixing, mastering, sound generation, and surround sound. The work demonstrates how AI accelerates the technical aspects of production, enabling automatic adjustment of parameters and faster achievement of desired results. AI tools are used in many areas, including plugins for compression, equalization, reverb, sample generation, and music generation, as well as for automated mixing and mastering. Additionally, AI technology is part of surround systems, using AI algorithms to create the impression of multi-channel sound and adapt to room acoustics and user needs. Despite advantages like time savings and experimentation with new sounds, AI still has limitations in terms of creativity and originality. While AI can significantly enhance the technical aspects of production, human creativity remains essential, as artificial intelligence cannot yet replace artistic intuition and expression.

Keywords: AI plugin, AI sound generation, AI music generation, AI mixing, AI mastering, AI surround

Popis korištenih kratica

AI	Artificial Intelligence (umjetna inteligencija)
CD	Compact Disc (kompaktni disk)
DAW	Digital Audio Workstation (digitalna audio radna stanica)
EQ	Equalizer (ekvalizator)
MIDI	Musical Instrument Digital Interface (glazbeno instrumentalno digitalno sučelje)

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Audio produkcija	3
2.1.	Povijesni razvoj audio produkcije	5
2.1.1.	Akustično razdoblje	5
2.1.2.	Električno razdoblje	6
2.1.3.	Magnetno razdoblje	6
2.1.4.	Digitalno razdoblje.....	8
3.	Umjetna inteligencija	11
3.1.	Povijesni razvoj umjetne inteligencije	13
4.	Primjena umjetne inteligencije u audio produkciji	16
4.1.	AI dodaci (pluginovi)	17
4.1.1.	AI compressor plugin.....	17
4.1.2.	AI EQ plugin.....	18
4.1.3.	AI reverb plugin.....	20
4.2.	AI generiranje zvukova	21
4.2.1.	AI uzorci (samplevi)	21
4.2.2.	AI zvukovi bubnjeva.....	22
4.2.3.	AI synth zvukovi.....	22
4.3.	AI generiranje glazbe	23
4.4.	AI miješanje (miksanje)	24
4.5.	AI završna obrada (mastering)	25
4.6.	AI okružujući (surround) zvuk	27
5.	Zaključak.....	29
6.	Literatura.....	30

1. Uvod

Tijekom posljednjih nekoliko desetljeća, tehnologija se brzo razvijala i ušla u gotovo sve aspekte našeg svakodnevnog života. Razne tehnološke inovacije kroz povijest su unijele velike promjene u različite industrije pa tako i u područje audio produkcije. Rast i razvoj audio produkcije započeo je s prvim mehaničkim sustavima za snimanje zvuka te je s vremenom prošla kroz različite faze razvoja. Od mehaničkih i električnih tehnologija, preko magnetskih medija, pa sve do digitalnih audio radnih stanica koje i danas koristimo, svaka faza bila je obilježena inovacijama koje su utjecale na načine na koje se snima, obrađuje i reproducira zvuk.

Audio produkcija obuhvaća niz ključnih procesa koji uključuju snimanje, uređivanje, miksanje i mastering zvuka. Ovi procesi su tehnički složeni te su se tradicionalno oslanjali na ljudske vještine, iskustvo i kreativnost. Audio inženjeri i producenti imaju sposobnost oblikovati zvuk prema svojoj viziji. Svaka faza zahtjeva pažljivo i kritičko slušanje te je potrebno znanje iz područja tehničkih znanosti. Razvojem umjetne inteligencije pristup se počinje polako mijenjati. Sve veći broj zadataka unutar audio produkcije postaje automatiziran. To donosi nove mogućnosti, ali istovremeno predstavlja i izazove za profesionalce u ovoj industriji.

Umjetna inteligencija se sve više implementira u razne industrije i područja, a audio produkcija nije iznimka. Kroz upotrebu naprednih algoritama i strojnog učenja, AI je postao alat koji se sve više počinje primjenjivati u audio produkciji. Njegova primjena omogućuje brže obavljanje zadataka, osobito u segmentima poput miksanja i masteringa. AI alati mogu analizirati zvuk i automatski prilagoditi parametre kako bi se postigao što bolji zvuk. Takvi alati značajno smanjuju vrijeme potrebno za postizanje korektnih rezultata. Producenti se više mogu fokusirati na kreativne aspekte svog rada, a pojedine tehničke zadatke mogu prepustiti umjetnoj inteligenciji.

Unatoč svim prednostima koje donosi, umjetna inteligencija i dalje ima svoja ograničenja. Iako je sposobna analizirati velike količine podataka i donijeti odluke na temelju prepoznatih uzoraka, AI još uvijek nije u stanju u potpunosti zamijeniti ljudski osjećaj za kreativnost i umjetničko izražavanje. Osim toga, AI se oslanja na podatke na kojima je trenirana, što znači da može biti ograničena u prepoznavanju i stvaranju potpuno novih zvukova koji izlaze iz okvira standardnih glazbenih žanrova.

Ipak, postoje pojedini AI alati koji omogućuju stvaranje originalnih zvukova. Primjena AI-a u kreiranju glazbe otvara vrata umjetnicima da eksperimentiraju na načine koji su ranije bili nezamislivi, ali pritom također potiče pitanje autentičnosti i autorstva.

Ovaj završni rad ima za cilj istražiti integraciju umjetne inteligencije u audio produkciju. U početnim dijelovima rada bit će prikazani i opisani osnovni pojmovi audio produkcije i umjetne

inteligencije. Osim toga, bit će prikazan njihov povijesni razvoj kako bi se produbilo razumijevanje samih pojmova. Nakon toga će se analizirati konkretni primjeri primjene umjetne inteligencije u audio produkciji kao što je korištenje AI pluginova, generiranje zvukova i glazbe uz pomoć AI-a. Također bit će prikazani procesi miksanja i masteringa uz pomoć AI tehnologije, kao kratki i pregled mogućnosti AI surround tehnologije.

Umjetna inteligencija pruža brojne mogućnosti, ali je potrebno razmotriti njena ograničenja kada ju primijenimo u audio produkciji. Ovaj rad nastoji pružiti pregled trenutnog stanja i mogućnosti u audio produkciji te prikazati samo neke od alata i AI platformi koje mogu biti korištene u tom području.

2. Audio produkcija

Audio produkcija (eng. audio production) je prilično širok pojam koji obuhvaća razne zadatke vezane uz zvuk te pokriva sve što je povezano s procesom snimanja, uređivanja tog snimljenog materijala, miksanja i masteringa zvuka kako bi bio spreman za javno objavljivanje i distribuciju [8]. Audio produkcija uključuje i procese povezane uz reprodukciju zvuka. Poželjno je da osobe koje se profesionalno bave audio produkcijom imaju znanja iz tehničkih područja kao što su akustika i elektrotehnika uz znanja iz umjetničkih područja, prvenstveno glazbene umjetnosti.

Pojam audio produkcije često se poistovjećuje s pojmom glazbene produkcije. Iako su ta dva područja povezana i uključuju obradu zvuka, važno je uočiti njihove razlike. Glazbena produkcija (eng. music production) je proces razvoja, stvaranja i usavršavanja snimljene glazbe za javno predstavljanje te, osim toga, često podrazumijeva cijeli proces stvaranja nekog glazbenog djela [4]. Također, neki glazbenu produkciju definiraju kao kreativni proces koji uključuje komponiranje, snimanje, aranžiranje, uređivanje snimljenog materijala, miksanje i mastering zvuka sve kako bi se stvorilo jedno glazbeno djelo, a taj proces se može odvijati u profesionalnom studiju te, u današnje vrijeme, i kod kuće [10].

Audio produkcija nije područje koje je ograničeno samo na snimanje glazbenih djela. Audio produkcija obuhvaća snimanje, obradu i reprodukciju zvuka za različite medije uključujući filmove, televiziju, radio, video igre, reklame, podcaste i sve druge forme u kojima je potrebno uređenje zvuka. Audio producenti često imaju za zadatak uskladiti vizualne i ostale elemente sa zvukom te zbog toga znaju surađivati i s drugim osobama iz kreativnih industrija kako bi postigli željeni rezultat.

Jedan od važnih procesa u audio produkciji je snimanje. Prije samog snimanja je bitno pripremiti prostor u kojemu se odvija snimanje te odabrati, testirati i provjeriti opremu koja je potrebna za snimanje. Tijekom snimanja jedan ili više izvora zvuka se snima pomoću mikrofona ili na način da se izravno hvataju električni signali koji se zatim snimaju na jednu ili više traka [14].

Nakon snimanja je važno urediti snimljeni materijal. Tijekom procesa uređivanja uklanjaju se neželjeni dijelovi, popravljaju se eventualni tehnički problemi i organizira se ono što je snimljeno radi lakšeg snalaženja i daljnjeg procesa obrade zvuka. U ovoj fazi zvuk se može sinkronizirati s videom, ako on postoji, dodati poneki zvučni efekt i još ponešto ispraviti.

Sljedeći korak je miješanje (miksiranje). Miksanje je proces obrade zvuka te se može definirati i kao umjetnost spajanja, uređivanja, obrade i izjednačavanja svih snimljenih traka kako bi se stvorio jedan stereo miks [2]. Miksanje se sastoji od nekoliko ključnih koraka. U nastavku su

opisani samo neki koraci pošto svaki producent individualno odlučuje na koji način će pristupiti postupku miksanja.

Prvi korak uključuje balansiranje glasnoće između instrumenata, odnosno snimljenih traka. Nakon toga slijedi kompresija ili limitiranje kako bi dinamički raspon svakog instrumenta bio konzistentniji u miksu i kako bi se utišali dijelovi koji su možda preglasni. Panning se koristi kako bi se razdvojili slični instrumenti i stvorila šira zvučna slika. Slijedi izjednačavanje frekvencija pomoću EQ-a gdje se pojačava ono što nedostaje i smanjuju frekvencije koje su previše izražene, a započinje subtraktivnim EQ-om. Nakon toga slijede dodatna uređenja kako bi se još očistile snimljene trake. Onda se primjenjuju različiti efekti kako bi se dodala dubina i tekstura, a ti efekti mogu pomoći i u tome da se razdvoje ili povežu instrumenti. Na kraju dolazi automatizacija, odnosno dodavaju se precizne promjene glasnoće i drugih parametara koje će se kasnije moći automatski reproducirati [2].

Nakon miksanja slijedi mastering kojega često ne radi ista osoba koja se bavila miksanjem te postoje producenti koji su se u potpunosti posvetili tom zadnjem koraku obrade zvuka. Donedavno se mastering definirao kao proces pretvaranja zbirke pjesama u album tako što se usklađuju u tonu, glasnoći i vremenskom razmaku između pjesama, no danas mastering označava proces finog podešavanja razine, ravnoteže frekvencija i metapodataka pjesme u pripremi za distribuciju [16]. Mastering je posljednji kreativni korak u procesu obrade zvuka i predstavlja poveznicu između miksanja i distribucije te se tijekom ove faze sastavlja konačni miks kako bi se stvorio stereo master te se miks priprema kako bi se poslao na daljnje dupliciranje, odnosno distribuciju [2].

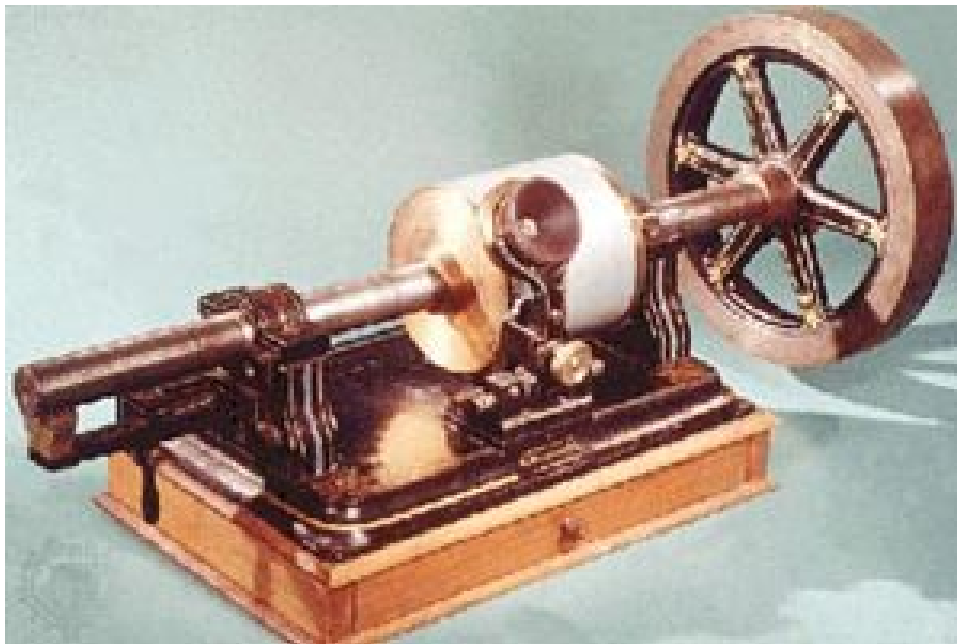
2.1. Povijesni razvoj audio produkcije

Razvoj audio produkcije usko je povezan s napretkom tehnologije. Pojava inovacija omogućila je sofisticiranije metode snimanja, obrade i reprodukcije zvuka. Kako su se širile tehnološke mogućnosti tako su se pojavile nove i kreativne mogućnosti za producente. To je dovelo do sve više razine preciznosti i kontrole u samom procesu audio produkcije. Također, tehnološki napredak je omogućio da se audio oprema proizvodi u sve većim količinama i na taj način je ta oprema, ali i sama mogućnost bavljenja audio produkcijom, postala dostupna velikom broju ljudi.

2.1.1. Akustično razdoblje

Više od dvadeset godina nakon što je Leon Scott izumio fonautograf, Alexander Graham Bell je 1874. godine pokušao poboljšati taj uređaj tako što je koristio mehanizam koji je bio inspiriran ljudskim uhom. 1886. godine predstavio je unaprijeđeni uređaj koji je služio za diktiranje, a nazvan je grafofon. Grafofon je koristio voštane cilindre što nije bio slučaj kod Scotta [9].

Prva metoda snimanja i reprodukcije zvuka pripisuje se Thomasu Edisonu. Edison je 1877. godine izumio fonograf (slika 2.1). Emile Berliner je 1887. godine izumio prvi ravni dvostrani disk, odnosno gramofonsku ploču, a iste godine je patentirao uređaj za reprodukciju gramofonskih ploča, gramofon [2].



Slika 2.1 Fonograf, Izvor: <https://cdn.britannica.com/88/58588-004-A883923A/phonograph-Thomas-Edison-pits-sound-vibrations-series-1877.jpg>, dostupno 15.08.2024

U vrijeme kada su Edison i Berliner razvijali svoje uređaje, na raspolaganju nisu imali gotovo nikakvu električnu opremu. Proces snimanja i reprodukcije je bio mehanički, odnosno akustični. Korišten je mali rog koji je sadržavao membranu te je na njoj bila pričvršćena igla. Ta igla je urezivala brazde u limenu foliju na cilindru fonografa. Kada se zvuk reproducirao, brazde su uzrokovale vibracije igle i membrane, što je pokretalo zrak u rogu i reproduciralo zvuk. Reproducirani zvuk imao je ograničeni frekvencijski raspon te je imao razna izobličenja. Sličan proces snimanja i reprodukcije korišten je i kod gramofona [18].

Iako su i gramofonske ploče i cilindri bili popularni, s vremenom su gramofonske ploče počele dominirati tržištem. Glavni razlog je bio taj što je masovna proizvodnja gramofonski ploča bila jednostavnija od proizvodnje cilindara [18]. Prva gramofonska ploča veličine deset inča i frekvencije vrtnje 78 okretaja u minuti predstavljena je 1900-ih te je bilo moguće snimiti četiri minute zvuka na svakoj njezinoj strani [2].

2.1.2. Električno razdoblje

Nakon što je Lee De Forest 1906. godine izumio vakuumsku cijev, došlo je revolucionarnih promjena u snimanju zvuka. Izum vakuumske cijevi omogućio je razvoj elektroničkog pojačala, mikrofona i elektromagnetskih uređaja za snimanje diskova. To je omogućilo snimanje zvuka bolje kvalitete u usporedbi s ranijim snimkama [9].

Tijekom 1920-ih, električno snimanje postalo je široko rasprostranjeno i temeljilo se na principima elektromagnetske pretvorbe. Mikrofon su se mogli postaviti na prikladnija mjesta i povezati s uređajem za snimanje pomoću žica te su na taj način snimke bile bolje kvalitete. Signali iz mikrofona mogli su se miješati i prilagođavati pomoću promjenjivih otpornika, dok su cijevna pojačala osiguravala dovoljnu električnu snagu za pokretanje igle koja je urezivala disk [18].

Električne snimke imale su širi frekvencijski i dinamički raspon te su zbog toga bolje i kvalitetnije zvučale. Polako su počeli eksperimenti u području stereo snimanja, ali su još uvijek dominirale mono snimke [18]. Alan Blumlein patentirao je stereo snimanje 1933. godine [2].

2.1.3. Magnetno razdoblje

Pošto su prethodne tehnologije imale dosta ograničenja, počelo se tragati za boljim i naprednijim metodama snimanja. Teorija magnetskog snimanja pojavila se 1888. godine, a prvi uređaj za snimanje na žicu razvijen je 1898. godine. Raniji uređaji nisu imali vrhunsku kvalitetu

zvuka, ali se vremenom razvijalo snimanje na papirnate i celuloidne vrpce koje je pružalo bolju kvalitetu [9].

Tijekom 1930-ih godina radilo se na poboljšanju magnetskih snimača. Pojavili su se eksperimentalni uređaji koji su koristi struju koja je prolazila kroz zavojnicu kako bi se stvorilo magnetsko polje koje je magnetiziralo pokretnu metalnu žicu ili traku koja je bila premazana magnetnim materijalom [18].

1930. godine njemačka tvrtka AEG predstavila je magnetofon (slika 2.2). Magnetofon je na početku koristio papirnate vrpce koje su bile premazane magnetnim materijalom, ali su 1953. godine odlučili prijeći na poliesterske trake. To je značajno poboljšalo kvalitetu zvuka. U razdoblju Drugog svjetskog rata magnetofoni su se koristili za snimanje novinarskih ili glazbenih materijala [9].



Slika 2.2 Magnetofon, Izvor: https://americanhistory.si.edu/collections/nmah_713300, dostupno 15.08.2024.

Tijekom 1940-ih pojavili su se prvi magnetski snimači zvuka s AC-bias tehnologijom. Uz to što je ta tehnologija omogućila bolju kvalitetu zvuka, sama montaža i uređenje snimki je bilo dosta jednostavnije. Na početku su trake koje su korištene u snimaču bile papirnate, ali su kasnije zamijenjene plastičnim trakama zbog njihove dugotrajnosti i stabilnosti. Trake su bile premazane metalnim oksidom ili metalnim česticama [18].

Cijeli proces uređivanja traka bio je kreativan. Jedini način na koji su se trake mogle urediti bilo je spajanjem. Prvo se materijal snimio na traku te se nakon toga preslušavao. Poslije su se izrezivali dijelovi trake i spajali na odgovarajuća mjesta. U procesu uređenja traka su se koristili predmeti poput ravnala, britve, ljepljive trake, ljepila i bloka za montažu. Magnetske trake su bile jednostavnije za rukovanje i bilo ih je lako spojiti i produžiti bez vidljivih prijelaza. S vremenom su trake postale standard za snimanje glazbe i radijsko emitiranje [9].

1940-ih u Njemačkoj je razvijeno prvo snimanje na više traka. Ipak, tek je 1955. godine pojavilo komercijalno snimanje na više traka koje se pripisuje Les Paulu. Ova tehnologija je omogućila da se instrumenti i vokali snimaju zasebno te da se nakon toga miksaju u finalni proizvod. Na taj način je bilo moguće ispraviti pogreške bez da se sve snima ispočetka. Ampex je 1955. godine napravio prvi snimač s osam traka za Les Paula, koji je razvio tehnike poput Sel-Sync za istovremeno reproduciranje i snimanje. Raymond Scott je 1953. godine izumio snimače s do četrnaest traka, dok je Hugh Le Caine 1955. godine razvio uređaj za miksanje šest traka [9].

Pojavile su se i Long play (LP) i Extended play (EP) ploče. Kompanija Columbia Records predstavila je LP ploču 1948. godine te je bilo moguće snimiti oko trideset minuta materijala na svakoj strani [2]. RCA Victor izdao je prve LP albume i ploče 1950. i 1951. godine, a prve stereo LP ploče su se pojavile 1958. godine [9].

LP ploča imala je nižu površinsku buku i poboljšan frekvencijski odaziv. Također, bilo je moguće reproducirati oko 25 minuta materijala na svakoj strani ploče. LP ploče su se zbog svojih karakteristika pokazale kao odličan medij za distribuciju komercijalnih stereo snimki. Stereo snimke postale su popularne 1950-ih, ali su tek 1960-ih postale standard. Početkom 1960-ih pojavili su se prvi magnetofoni koji su mogli snimati više izvora zvuka odvojeno, a nakon toga su se mogli miksati u finalni stereo miks [18].

Kazete su izumljene od strane Philipsa 1962. godine, ali su postale popularne tek kasnih 1970-ih jer su zauzimale manje prostora od ploča [2].

2.1.4. Digitalno razdoblje

Krajem 1970-ih, predstavljena je metoda digitalnog snimanja koja pretvara analogni signal u digitalni oblik. U tom procesu računalo analizira ulaz tisućama puta u sekundi i generira lance pozitivnih i negativnih impulsa koji predstavljaju analogne signale. Impulsi se pohranjuju na disk ili na traku za kasniju pohranu ili umnožavanje. Tijekom reprodukcije računalo uz pomoć digitalno-analognog pretvarača vraća impulse u njihove izvorne signalne vrijednosti, a posebni filteri formiraju analogne krivulje. Na taj način se točno rekreira početni audio signal koji sadržava sve karakteristike početnog signala dok se uklanjaju neželjeni šumovi i izobličenja [3].

Računalna glazbena tehnologija pojavila se 1955. godine u SAD-u. Martin L. Klein i Douglas Bolitho su 1956. godine koristili računalo Datatron za automatsko komponiranje pjesama, a Max Mathews je iste godine prvi put demonstrirao generiranje zvuka pomoću digitalno-analognih pretvarača. Razvoj računalne tehnologije omogućio je stvaranje programskih jezika za sintezu zvuka. Jedan od takvih programskih jezika je i MUSIC I kojega je Mathews razvio 1957. godine. Uskoro su nastale nove verzije poput MUSIC II i MUSIC, a kasnije i MUSIC N i GROOVE [9].

Magnetska traka bila je glavni format za snimanje zvuka sve do 1971. godine te se to počelo polako mijenjati. Japanska tvrtka Denon eksperimentirala je s PCM stereo video snimačem i na taj način stvorila nekoliko komercijalnih albuma. Prvo testno snimanje pomoću Soundstream Digital sustava Dr. Thomasa G. Stockhama Jr. obavljeno je 1976. godine, a komercijalna snimanja započela su 1977. godine. Soundstream je bio sustav od 50 kHz/16 bita koji je koristio brzi snimač [1].

Uskoro se pojavio novi format za pohranu snimki. James Russell osmislio je osnovnu ideju za Compact Disc (CD) 1965. godine, a Sony i Philips razvili su je do prvog komercijalnog diska koji je pušten u prodaju 1979. godine. CD-ovi (slika 2.3) su službeno predstavljani 1982. godine i na taj način zamijenili kazete što je označilo kraj njihove dominacije na tržištu [2].



Slika 2.3 CD, Izvor: <https://www.britannica.com/technology/compact-disc#/media/1/129497/17064>, dostupno 15.08.2024.

Glazbeno instrumentalno digitalno sučelje (eng. Musical Instrument Digital Interface) razvijeno je početkom 1980-ih i omogućilo je računalima i elektroničkim glazbenim uređajima međusobnu komunikaciju. Uvođenje MIDI tehnologije 1984. godine omogućilo je sastavljanje i snimanje glazbe na osobnim računalima. Sada je moguće povezati sintesajzere s računalima i sintetizirati analogne instrumente [9].

Digitalna audio radna stanica (eng. Digital Audio Workstation) razvijena je za sintezu i snimanje digitalnog zvuka te su se podaci pohranjivali na tvrdim diskovima. DAW-ovi dolaze u dvije vrste: integrirani (s miksetama i audio konverterima) i softverski (koji koriste računala i zvučne kartice) [9].

Pro Tools jedan je od mnogih DAW-ova koji se danas koriste. Pro Tools je prvotno pušten pod imenom Sound Designer. Izumili su ga studenti sa Sveučilišta Berkeley 1984. godine. Pro Tools je predstavljen javnosti 1991. godine te je tada imao mogućnost snimanja na četiri trake [2].

ADAT (Alesis Digital Audio Tape) snimač predstavljen je 1992. godine. Omogućio je kućnim studijima pristup kompaktnoj i pristupačnoj digitalnoj snimci [2].

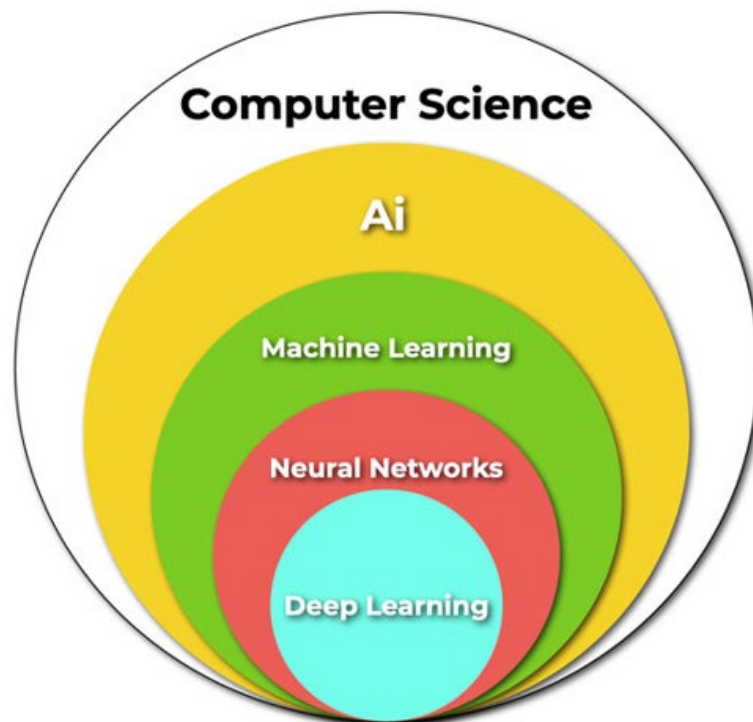
Iako se osnovna ideja za kompresiju audio informacija pojavila početkom 1970-ih, tek je kasnije došla do izražaja. MP3 format postao je popularan tek oko 1997. godine te zahtijeva manje prostora za pohranu u usporedbi s CD-ovima [2].

3. Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija (eng. artificial intelligence) odnosi se na sposobnost digitalnog računala ili robota koji je kontroliran računalom da obavlja zadatke koji su uobičajeno povezani s inteligentnim bićima. Pojam se često koristi za projekte razvoja sustava opremljenih intelektualnim procesima karakterističnim za ljude poput sposobnosti rasuđivanja, otkrivanja značenja, generalizacije ili učenja iz prošlih iskustava [11].

Umjetna inteligencija može se definirati i kao grana računalnih znanosti koja se bavi automatizacijom inteligentnog ponašanja. Neki ju definiraju kao skup problema i metodologija koje proučavaju istraživači umjetne inteligencije jer se na taj način naglašava da je umjetna inteligencija, kao i svaka znanost, ljudski pothvat [15].

Umjetna inteligencija obuhvaća različite potkategorije koje se fokusiraju na specifična područja (slika 3.1). Strojno učenje je grana AI-a koja omogućava sustavima da uče iz podataka, prepoznaju obrasce i donose odluke bez direktnog programiranja. U audio produkciji, strojno učenje se koristi za analizu audio signala, prepoznavanje značajki poput visine tona i tempa te za generiranje novih glazbenih komada. Na primjer, dodatak Melody Sauce 2 koristi strojno učenje za stvaranje originalnih melodija prema preferencijama korisnika [17].



Slika 3.1 AI potkategorije, Izvor: B. Owsinski: The Musician's Ai Handbook, Bobby Owsinski Media Group, Burbank, 2023.

Duboko učenje je specifična vrsta strojnog učenja koja koristi duboke neuronske mreže za rad s velikim količinama podataka i za donošenje složenijih predviđanja. U audio produkciji koristi se za napredne zadatke poput uklanjanja šuma i transkripcije. iZotope RX 10 koristi duboko učenje za precizno popravljavanje problema u audio snimkama. Strojno učenje, neuronske mreže i duboko učenje su povezane, ali svaki pojam ima svoje specifičnosti [17].

Duboko učenje vuče svoje korijene iz ranih radova koji su pokušavali modelirati mreže neurona u mozgu koristeći računalne sklopove. Zbog toga se mreže trenirane metodama dubokog učenja često nazivaju neuronskim mrežama, iako je sličnost s pravim neuronskim stanicama i strukturama površna [19].

Neuronske mreže uče obavljati zadatke kroz veliku količinu podataka. Neuronske mreže mogu modelirati kompleksne odnose između ulaza i izlaza. U audio produkciji to uključuje dizajn zvuka i audio efekte. Solaris Virtual Vocalist koristi neuronske mreže za sintetiziranje realističnih zvukova vokala [17].

3.1. Povijesni razvoj umjetne inteligencije

Pojam umjetna inteligencija zapravo seže tisućama godina unazad, čak do antičkih filozofa koji su razmišljali o najvećim pitanjima života. U to vrijeme su izumitelji stvarali automate, jednostavne strojeve koji su se kretali bez ljudske intervencije. Jedan od najranijih zapisa o automatu potječe iz 400. godine pr. Kr. i odnosi se na mehaničkog goluba kojeg je stvorio prijatelj filozofa Platona. Izumitelj Leonardo da Vinci je 1495. godine stvorio jedan od najpoznatijih automata nazvan Leonardov robot [17].

Prva pojava onoga što danas poznajemo kao AI dogodila se između 1950. i 1956. godine kada su objavljeni znanstveni radovi koji su definirali pojam umjetne inteligencije i postavili temelje za razvoj AI-a [17]. McCulloch i Pitts su 1943. godine razvili prvi model umjetnih neurona tako što su koristili znanje o funkcioniranju neurona i logiku [19]. Alan Turing je 1950. godine postavio temelje za ono što danas nazivamo AI u svojem radu pod nazivom Računarska mašinerija i inteligencija [17]. Turing je također osmislio test za mjerenje računalne inteligencije [19].

John McCarthy je 1955. godine organizirao radionicu na Dartmouth Collegeu. Tada je prvi put upotrijebljen izraz umjetna inteligencija. Ova radionica okupila je ključne znanstvenike i postavila temelje za daljnji razvoj AI-a [19]. Iako radionica nije donijela velike prekretnice, bila je ključna za definiranje smjera istraživanja umjetne inteligencije u narednim desetljećima. U tom razdoblju Arthur Samuel je razvio program za igru dame. To je bio prvi primjer računala koje može samostalno naučiti igrati igru [17]. Ovaj program koristio je tehnike učenja s pojačanjima, što je predstavljalo značajan korak naprijed u razvoju AI-a [19].

1950-ih su istraživači počeli razvijati programe koji su pokazivali sposobnost strojeva za igre i rješavanje matematičkih problema. Na taj način su se suprotstavili skepticizmu intelektualne zajednice. John McCarthy i drugi razvili su programe poput General Problem Solver koji je imitirao ljudsko razmišljanje. Također, McCarthy je 1958. godine definirao programski jezik Lisp koji se i danas koristi u istraživanjima umjetne inteligencije te je predstavio Advice Taker, program za opće znanje [19].

1960-ih AI je doživio brzi rast, ali se borio za financiranje. Stvoreni su novi programski jezici, uvedeni su koncepti strojnog učenja i AI fokusiranog na jedno specifično područje. General Motors je integrirao prvog industrijskog robota u svoju proizvodnu liniju. 1961. godine su četiri inženjera iz Bell Labs-a naučila IBM 7094 računalo da pjeva Daisy Bell. To je bio prvi primjer korištenja računala za stvaranje glazbe. 1968. godine stvoren je prvi chatterbot, ELIZA (slika 3.2). ELIZA je mogla komunicirati s ljudima te je otvorila vrata novoj metodi obrade podataka nazvanoj obrada prirodnog jezika [17].


```
Welcome to
EEEEEE LL      IIII  ZZZZZZZ  AAAAA
EE      LL      II     ZZ     AA  AA
EEEEEE LL      II     ZZZ     AAAAAA
EE      LL      II     ZZ     AA  AA
EEEEEE LLLLLL IIII  ZZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
```

Slika 3.2 ELIZA, Izvor: <https://www.researchgate.net/profile/Siddhartha-B-S/publication/348306833/figure/fig1/AS:999661896744961@1615349377366/Example-of-ELIZA-ELIZA-a-chatbot-was-designed-by-Joseph-Weizenbaum-to-imitate-a.jpg>, dostupno 15.08.2024.

Industrija se uskoro suočila s izazovima jer vlade SAD-a i Ujedinjenog Kraljevstva nisu bile pretjerano zainteresirane za tu tehnologiju u to vrijeme pa su smanjile financiranje istraživanja [17]. Ova faza istraživanja naišla je na probleme zbog ograničenja u osnovnim strukturama za generiranje inteligentnog ponašanja. Knjiga Perceptrons Minskyja i Paperta iz 1969. godine pokazala je da perceptroni mogu učiti samo ograničeno pa se zbog toga smanjilo financiranje za istraživanje neuronskih mreža. Simonove prognoze iz 1957. godine da će računala uskoro biti prvaci u šahu i dokazivati matematičke teoreme ostvarene su, ali ne u predviđenom roku od 10 godina, već unutar 40 godina [19].

1970-ih je u Japanu izgrađen prvi robot s ljudskim osobinama. Jedan je student konstruirao prvi autonomni automobil Stanford Cart [17]. Međutim, eksperimenti u genetskom programiranju nisu pokazali značajan napredak, a Lighthillov izvještaj iz 1973. godine istaknuo je nerealna očekivanja u vezi s računalnom moći i rješavanjem problema. To je sve dodatno otežalo financiranje pa se ovo razdoblje često se naziva „Zima AI-a“ kada su mnoge tvrtke propale zbog neispunjenih obećanja i problema u održavanju složenih sustava [19].

1980-ih sve se promijenilo. Vlade su napokon prepoznale komercijalni potencijal AI-a te je to dovelo do dodatnog financiranja istraživanja [17]. U ovom razdoblju su se istraživači AI-a fokusirali na razvoj ekspertnih sustava koji koriste specifično znanje za rješavanje složenih problema. DENDRAL je bio jedan od prvih uspješnih sustava i koristio je specijalizirana pravila za analizu molekularnih struktura. MYCIN, sustav za dijagnosticiranje krvnih infekcija, bio je značajan zbog svoje sposobnosti da koristi pravila stečena od stručnjaka [19].

Algoritam povratne propagacije koji je nastao 1960-ih postao je popularan 1986. godine te primijenjen u mnogim područjima. Ovi modeli, u konkurenciji sa simboličkim i logičkim pristupima, koristili su fluidne, neprecizne koncepte i učili iz primjera, čime su poboljšavali performanse na budućim zadacima [19]. Tehnike dubokog učenja i upotreba ekspertnih sustava stekli su značaj i omogućili računalima da uče iz svojih grešaka i donose samostalne odluke [17].

Do 1997. godine, AI tehnologija napokon je uvedena u razne proizvode, što je pokazao Dragon Systems sustav za prepoznavanje govora. Taj trend nastavljen je 2002. godine s uvođenjem prvog Roomba automatskog usisavača. U međuvremenu, sredinom 2000-ih, tvrtke poput Twittera, Facebooka i Netflix-a počele su koristiti AI u svojim oglašivačkim i korisničkim algoritmima [17].

2011. godine je Apple lansirao Siri, prvog popularnog glasovno aktiviranog virtualnog asistenta. AI je sazrio 2020. godine s beta testiranjem GPT-3 od strane OpenAI. Model koristi duboko učenje za stvaranje računalnog koda, poezije, marketinških planova i drugih zadataka vezanih za jezik i pisanje [17].



Slika 3.3 ChatGPT logo, Izvor: https://cdn.prod.website-files.com/63da3362f67ed649a19489ea/65a762d88d34c9b08de34039_659f1e3a57ce506fbcc81b42_who%2520owns%2520chatgpt_logo.png, dostupno 15.08.2024.

2021. godine OpenAI je razvio DALL-E, koji može dovoljno razumjeti slike da proizvodi točne opise i koristi jednostavan tekst za stvaranje slika, čime se AI približio razumijevanju vizualnog svijeta. Danas postoje tisuće različitih AI sustava koji se kreću od chatbotova poput ChatGPT-a (slika 3.3) do specijaliziranih platformi za stvaranje glazbe i produkciju [17].

4. Primjena umjetne inteligencije u audio produkciji

U prethodnim poglavljima definirani su pojmovi umjetne inteligencije i audio produkcije te je prikazan njihov razvoj. U ovom poglavlju prikazat će se na koji način se ove dvije discipline isprepliću i nadopunjuju. Danas umjetna inteligencija igra ključnu ulogu u transformaciji kreativnih procesa pa tako nije zaobišla ni područje audio produkcije.

Integracija AI-a u audio produkciju omogućava brže, preciznije i kreativnije stvaranje zvuka, od jednostavnih automatiziranih zadataka do kompleksnih procesa poput generiranja novih melodija ili efekata na temelju učenja iz postojećih glazbenih uzoraka. To omogućuje producentima i umjetnicima da se više fokusiraju na kreativni aspekt svog rada, dok AI preuzima tehničke aspekte poput miksanja i masteringa .

U nastavku slijede samo neki od AI alata koji su dostupni svima, a koji su korisni ne samo za iskusne profesionalce, već i za one koji se tek počinju baviti audio produkcijom. Neki su besplatni, a za neke je potrebna pretplata ili jednokratna naknada. Ovi alati koriste napredne AI algoritme za poboljšanje različitih aspekata.

4.1. AI dodaci (pluginovi)

Plugin je dodatak softveru koji proširuje funkcionalnost. U slučaju audio softvera i digitalnih audio radnih stanica (DAW-ova), ovi pluginovi su najčešće instrumenti za stvaranje zvuka ili efekti za obradu zvuka [6].

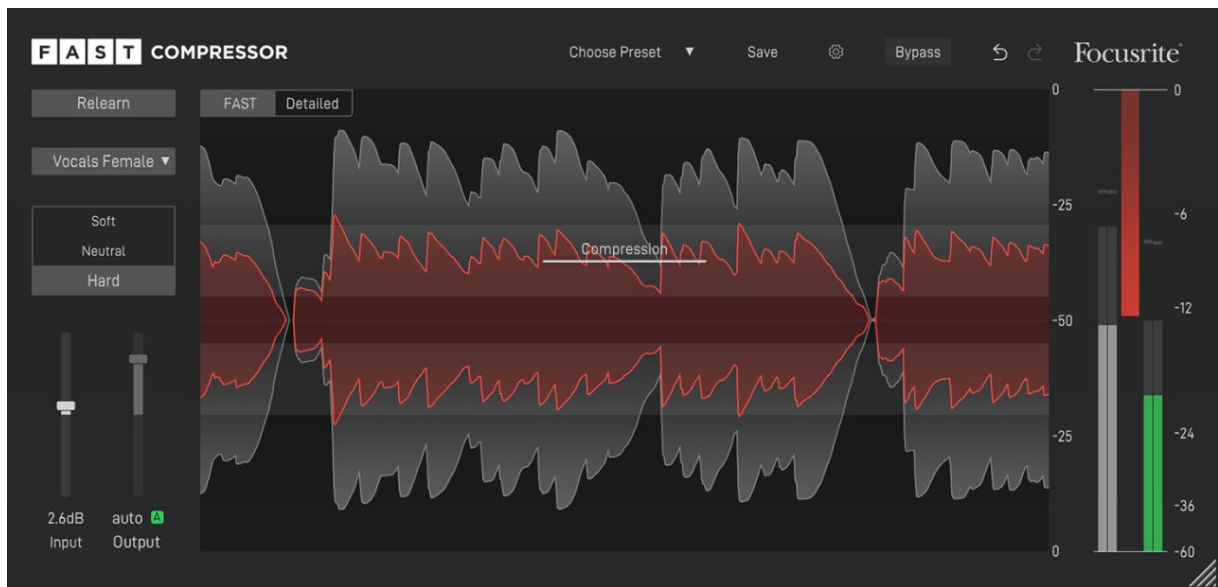
Postoje tri osnovna formata plugina koje koriste DAW-ovi:

1. VST (Virtual Studio Technology) je format plugina koji je razvila tvrtka Steinberg. Popularni DAW-ovi poput Cubasea, Reapera, Ableton Livea i FL Studija koriste ovaj format.
2. AU (Audio Unit) je Appleov format za korisnike macOS-a i koristi ga Logic Pro X, iako može čitati i VST format plugina.
3. AAX (Avid Audio eXtension) je format plugina koji je razvio Avid posebno za korištenje Pro Toolsa. Pro Tools također može koristiti VST plug-inove, ali za to je potreban mali prevoditeljski plugin nazvan wrapper [17].

AI pluginovi automatski odabiru postavke umjesto korisnika. Obično je potrebno odabrati *Profile* (npr. kick, snare, gitara), pritisnuti *Learn*, pustiti 8 sekundi pjesme i AI primijeni odgovarajuće postavke. Ako ne postoji opcija odabira profila, postoji univerzalna opcija. AI se trenira na uzorcima pa je kvaliteta postavki bolja kada postoji veća količina podataka. Automatsko postavljanje je korisno za brze mikseve, dok profesionalci dodatno prilagođavaju ove postavke. Razvoj AI pluginova je još uvijek ograničen zbog visokih troškova i složenosti [17].

4.1.1. AI compressor plugin

AI compressor plugin trenutno razvijaju tri proizvođača: Sonible, Focusrite i iZotope. iZotope ima najviše iskustva u razvoju pluginova s AI mogućnostima. Focusrite koristi „Sonible AI smart:engine“, ali s vlastitim, jedinstvenim korisničkim sučeljem. Focusriteov FAST Compressor je po složenosti negdje između Sonibleove pure: i smart: serije (slika 4.1) [17].



Slika 4.1 FAST Compressor, Izvor:

<https://images.cfassets.net/tdqac8tic0jh/2PPYFU5fAPYSXonEvTL23J/3666de68480768cabf91a73e89cd235e/fast-comp-1-1466-704.png?w=1280&h=615&q=90&fm=webp>, dostupno

15.08.2024.

Sonible nudi dvije serije proizvoda koje zadovoljavaju potrebe različitih korisnika. Za početnike tu je pure: serija, a za one naprednije tu je smart: serija. Pure: serija ima ograničen broj parametara koje se mogu mijenjati, dok smart: serija nudi potpuno opremljen kompresor koji koristi AI za postizanje osnovnih postavki koje se kasnije mogu dodatno prilagoditi. Zbog toga pure: serija stvara postavke koje korisnici neće previše mijenjati [17].

iZotopeov AI kompresor dio je njihovih proizvoda Neutron i Ozone koji uključuju gotovo svaki tip audio procesora. Treba napomenuti da je Ozone namijenjen za korištenje na mix buss-u za mastering [17].

4.1.2. AI EQ plugin

AI equalizer pluginovi mogu biti složeni jer pružaju okvirne rezultate koristeći procese poput *Profile* i *Learn*, ali to ne znači da će EQ savršeno odgovarati specifičnom miksu. Svaka pjesma je jedinstvena zbog razlika u aranžmanu, produkciji, izvođačima, zvukovima, ambijentu i tempu pa EQ koji je dobro funkcionirao na prethodnoj pjesmi možda neće biti jednako uspješan na novoj. AI koristi svoje sposobnosti da optimizira zvuk pojedinih elemenata miksa, no to ne znači nužno da će ti elementi dobro funkcionirati unutar cjelokupnog miksa [17].

Ključni alati u ovom području uključuju Sonibleov Pure i Smart, Focusriteov FAST Equaliser i iZotopeov Neutron. Također, treba spomenuti druge razvojne timove koji su se

istaknuli, poput Soundtheoryov Gullfoss, koji analizira audio signal više od 300 puta u sekundi za kontrolu frekvencija i Accentize Spectral Balance koji obavlja slične funkcije. Oeksound Soothe 2 je dinamički supresor rezonancije koji uklanja neželjene frekvencije iz audio signala [17].

MeldaProduction MDrumStrip je višenamjenski multi-procesor dizajniran za bubnjeve. Svaki dio bubnjarskog seta ima svoj modul i svaki modul ne samo da oblikuje EQ, već upravlja i kompresijom, reverbom i suzbijanjem bleeda [17].

Focusrite FAST Balancer i iZotope Neutron (slika 4.2) rade na drugačiji način. Kao i kod drugih AI-pokretanih EQ-a, potrebno je odabrati *Profile* za element miksa, zatim pritisnuti gumb *Learn*, a alat će usporediti element miksa njegovim sklopom podataka sa sličnim zvukovima. Alat će primijeniti frekvencijski balans kako bi traka zvučala optimalno za tu vrstu trake, a zatim će prikazati frekvencijski spektar novog frekvencijskog odgovora [17].



Slika 4.2 iZotope Neutron, Izvor: https://www.izotope.com/storage-cms/images/aliases/hero_1920w_1x/8/3/8/6/216838-1-eng-GB/abb14d4aa0f6-n4-equalizer.png.webp, dostupno 15.08.2024.

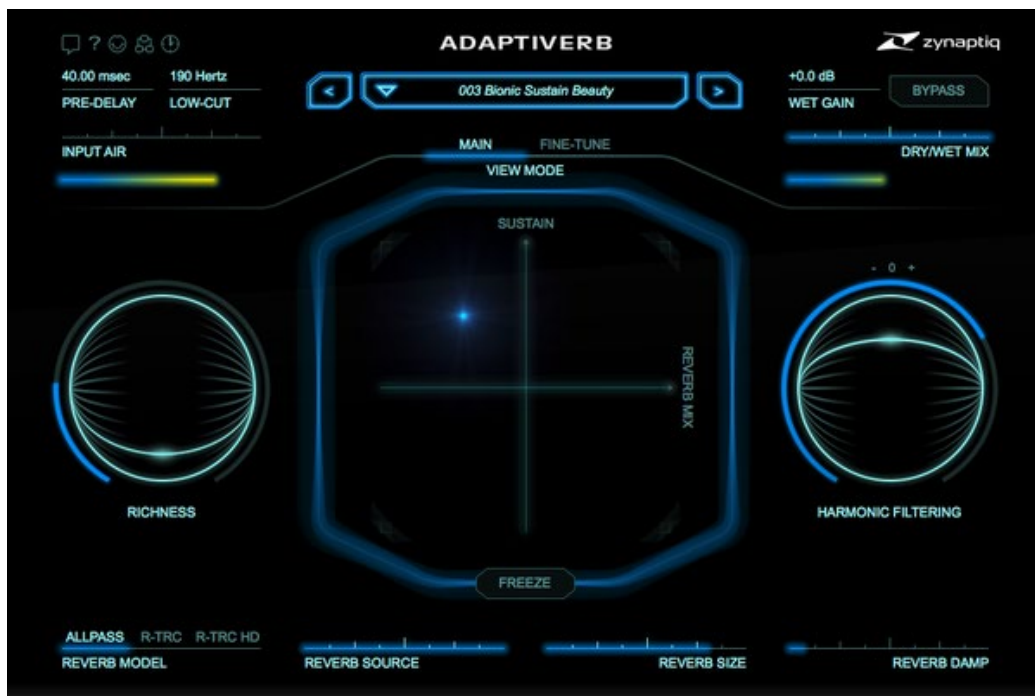
Neutronov Assistant View prikazuje preporučene frekvencije za traku. Kako se približava crvenom središtu, tako se približava idealnoj spektralnoj krivulji. Ako traka nije u crvenom ciljanom području, moguće je ručno prilagoditi postavke. Neutron također omogućuje učitavanje referentne trake za usklađivanje frekvencijskog odgovora [17].

Iako su mnogi programeri uspješno modelirali analogne uređaje, proces je dugotrajan. AI može ubrzati i precizirati modeliranje, čime digitalne verzije vintage analognog uređaja zvuče dosta bliže originalima. Neuronske mreže koriste se za interpretaciju zvučnih karakteristika analognog uređaja sakupljanjem podacima o običnom i procesiranom zvuku. Nakon što AI prepozna te karakteristike, može ih primijeniti na novi zvuk. Primjeri ove tehnike uključuju pluginove tvrtke Tone Empire, poput Neural Q, koji koristi AI za digitalne verzije vintage, analognog zvuka [17].

4.1.3. AI reverb plugin

AI reverb pluginovi automatski biraju vrstu reverba za traku (kao što su plate, hall, chamber itd.), ali producenti znaju da je podešavanje predelay-a i vremena trajanja reverba (decay) povezano s tempom pjesme. Osim toga, ovi pluginovi obično postavljaju parametre za jedan element miksa, no većina producenata preferira postaviti reverb na aux track i slati signal iz više elemenata miksa putem aux senda [17].

Neki AI reverb pluginovi, poput Riviuma, mogu se prilagoditi pjesmi u stvarnom vremenu, tako da uvijek imaju odgovarajuće vrijeme trajanja reverba u bilo kojem dijelu pjesme. Zynaptiq Adaptiverb (slika 4.3) dodaje efekt za stvaranje ambijentalnih efekata na pojedinačnim instrumentima, dok se Accentize Chameleon specijalizira za imitiranje bilo kojeg ambijentalnog ili zvuka odjeka [17].



Slika 4.3 Adaptiverb, Izvor: <https://www.zynaptiq.com/typo3temp/pics/77ef6a5000.png>,

dostupno 15.08.2024.

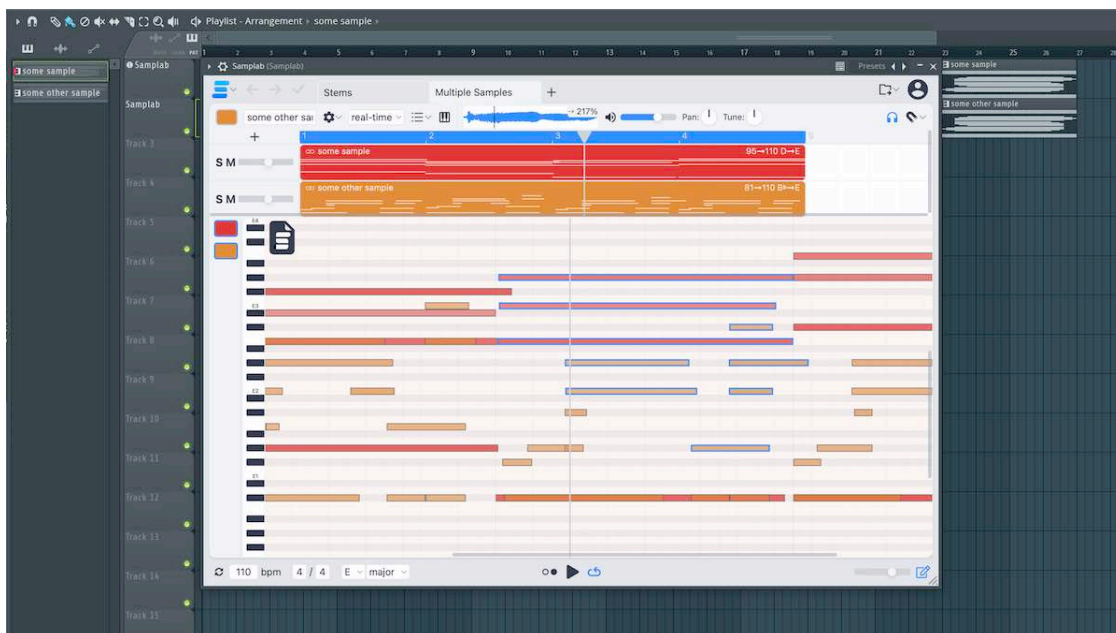
4.2. AI generiranje zvukova

Novi i uzbudljivi zvuk često može biti ključan za uspjeh pjesme pa sve više producenata traži nešto potpuno novo što se ne može pronaći u mapama postojećih smplova. Cilj svih ovih platformi i pluginova je da pomognu pronaći novi zvuk koji bolje odgovara viziji korisnika ili otkriti potpuno nove zvukove koje nitko dosad nije čuo. Većina ovih platformi namijenjena je korisnicima koji se bave elektronskom glazbom jer mnogi programeri preferiraju taj žanr, a i generirani zvukovi najbolje odgovaraju baš toj vrsti glazbe. Također, većina njih je dostupna samo u AU i VST formatima [17].

4.2.1. AI uzorci (smplovi)

Mnogi žanrovi glazbe temelje se na smplovima, a u pronalasku smplova može pomoći AI platforma poput Output Arcade. Osim što nudi raznovrsnu biblioteku smplova, također može pretvoriti korisnikove pjesme u smplove. Platforma nudi brojne opcije za podešavanje, poput filtera, rezanja, promjene tona, prilagodbe brzine reprodukcije, re-sekvenciranja, FX-a, modulacije i još mnogo toga [17].

Samplab je platforma za generiranje smplova iz tekstualnog unosa, pretvaranje audio smplova u MIDI datoteku, odvajanje dijelova snimke, vremensko razvlačenje zvuka u stvarnom vremenu i ima još druge opcije (slika 4.4) [17].



Slika 4.4 Samplab, Izvor: <https://samplab.com/assets/img/plugin/fl-studio.jpg>, dostupno

15.08.2024.

Jamahook, platforma za preporuke loopova i ritmova, dizajnirana je da uštedi vrijeme. Brzo pronalazi odgovarajuće loopove za svaki segment pjesme u stvarnom vremenu. Atlas 2 je organizator koji koristi AI kako bi korisniku pomogao naći ono što treba u velikim bibliotekama smplova [17].

4.2.2. AI zvukovi bubnjeva

Osim običnih smplova, postoje platforme koje su specijalizirane za smplove bubnjeva. Emergent Drums koristi napredne generativne modele za stvaranje potpuno novih smplova bubnjeva. Platforma nudi različite modele zvuka, Crunchy i Creamy, kako bi se postigle raznolike varijacije smplova. Također korisnik može ubaciti vlastiti sample i dobiti njegove varijacije. Steinberg Backbone koristi Sonyev DrumGAN za stvaranje novih smplova kick bubnjeva, snare bubnjeva i činela na brz način. Može analizirati smplove koje korisnik unese i stvora brojne varijacije, a svi smplovi se mogu dodatno prilagoditi [17].

4.2.3. AI synth zvukovi

Za sintetičke zvukove, Quantakor je rompler koji koristi AI i složeni algoritam resinteze kako bi pružio bogate nove zvučne pejzaže. Rompler je glazbeni instrument koji reproducira unaprijed postavljene zvukove temeljene na uzorcima. Korisnik može modificirati zvukove s različitim parametrima, ali ne može ići dalje od izvornih uzoraka koje je AI generirao. Sistema je plugin koji koristi tekstualni unos za opis zvuka kako bi ga generirao ili može stvoriti novi zvuk na temelju parametara koje korisnik postavi u korisničkom sučelju plugina [17].

4.3. AI generiranje glazbe

Postoji nekoliko platformi koje ne zahtijevaju mnogo glazbenog znanja. Ove platforme reagiraju na jednostavne upite i stvaraju rezultate koji mogu biti impresivni za početnike, ali nisu uvijek prikladni za profesionalnu upotrebu. Iako mogu biti korisne u određenim situacijama, rezultati često nisu najbolji zbog ograničenja platforme [17].

Pjesma koja je značajno povećala svijest o AI-u u glazbenoj industriji bila je Heart On My Sleeve, koju je anonimni autor ghostwriter977 objavio u ožujku 2023. godine. Pjesma je navodno sadržavala vokale Drakea i The Weeknda, no zapravo su njihovi vokali generirani AI-em. Iako je pjesma postala viralni hit s milijunima pregleda, ispostavilo se da su slične pjesme u stvarnosti zahtijevale puno više od samog AI-a, uključujući tradicionalnu produkciju [17].

Mnogi su se okrenuli AI platformama poput Boomy i Loudly, samo da bi otkrili da njihovi rezultati nisu bili ni blizu originalima. Glazbena industrija brzo je reagirala, brisala AI generirane pjesme i odbacivala sadržaj u potpunosti stvoren pomoću AI-a. Iako ima svojih ograničenja, AI-generirana glazba za potrošače i dalje je prisutna [17].

AI platforme mogu generirati pjesmu na temelju tekstualnog upita. U nekim slučajevima traže dodatne informacije poput žanra, ugođaja, instrumenata i trajanja pjesme. Platforme generiraju do pet primjera između kojih korisnik može birati [17].

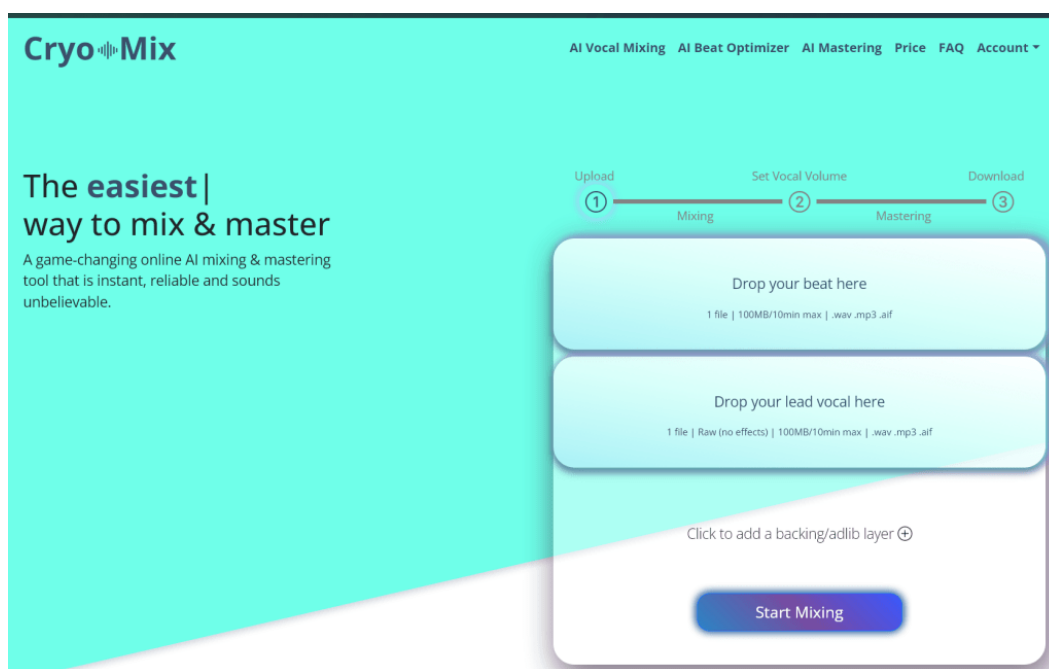
Mnoge platforme nude ograničene mogućnosti i često stvaraju samo strofu ili refrene, a ne cijele pjesme. Najbolja kvaliteta audio snimke koju možete očekivati je 44.1kHz/16-bit, što je CD kvaliteta, ali nije profesionalna. Kvaliteta zvuka može značajno varirati između različitih AI alata. Moguće je da prva ili čak peta verzija neće zadovoljiti očekivanja. Prema Dadabotsu, manje od 10% AI-generirane glazbe je prihvatljivo. Bolje je preuzeti MIDI datoteku i koristiti vlastite virtualne instrumente za bolje rezultate. Besplatne opcije obično omogućuju samo privatnu upotrebu, a skuplje opcije nude prava za objavljivanje i monetizaciju uz određena ograničenja [17].

Neke AI platforme koje koriste tekstualni upit za generiranje glazbe su Suno, Aiva, Ai Test Kitchen, Beethoven, Boomy, Chordify, Ecret Music, Loudly, Magenta, Melodrive, Melobytes, Musenet, MusicGen, Splash Music, Soundful, Soundraw i mnoge druge [17].

4.4. AI miješanje (miksiranje)

Jedan od ključnih ciljeva u procesu miksiranja je postizanje ravnoteže između različitih elemenata kako bi se svi instrumenti i vokali jasno čuli, a da pritom nijedan ne dominira previše. Nije neuobičajeno da se pojavi problem gdje su neki elementi miksa preglasni, dok su drugi pretiški. Ovi problemi mogu značajno utjecati na kvalitetu konačnog miksa. Vokali, koji su često središnji element svake pjesme, mogu predstavljati poseban izazov. Moguće je da se dogode situacije u kojima su vokali preglasni u odnosu na ostatak miksa, što dovodi do toga da ostali instrumenti budu potisnuti u drugi plan. S druge strane, može se dogoditi i suprotno, vokali su toliko tihi da ih jedva možete čuti, što narušava cjelokupni dojam miksa.

U posljednje vrijeme, tehnologija je donijela inovacije koje mogu olakšati ovaj proces, posebno za početnike. AI alati za miksiranje postaju sve popularniji jer omogućuju automatsko balansiranje različitih elemenata miksa. Ipak, uglavnom su dostupni samo za dva elementa, vokale i instrumental, kao što je to slučaj s alatom Cryo-Mix (slika 4.5) [17].



Slika 4.5 Cryo-Mix, Izvor: <https://easywithai.com/storage/2022/12/Cryo-Mix-1024x644.png>, dostupno 15.08.2024.

Ovi alati mogu značajno ubrzati proces miksiranja, no važno je napomenuti da su i dalje ograničeni. Gotovo svi online AI alati za miksiranje također uključuju i mastering opciju, što dodatno pojednostavljuje proces.

4.5. AI završna obrada (mastering)

AI mastering postaje sve bolji zahvaljujući tome što je barem pet godina treniran u različitim žanrovima i unaprijeđenim neuronskim mrežama. Treba napomenuti da će vrhunski profesionalni mastering gotovo uvijek nadmašiti AI mastering, no takva usluga će biti znatno skuplja. AI mastering je posebno privlačan ako se želi napraviti mastering cijelog albuma, veće skupine demo snimaka za izdavanje ili prijave za televizijske ili filmske sinkronizacije po vrlo razumnoj cijeni uz vrlo dobre rezultate [17].

Automatizirani mastering koristi računalne algoritme za brzo dovršavanje uobičajenih koraka u masteringu, poput postavljanja završnih razina, EQ-a i parametara za kompresiju ili zasićenje. To ne zahtijeva nužno umjetnu inteligenciju, već može biti vođeno dizajnerovim kodom. Iako je AI mastering oblik automatiziranog masteringa, ne mora svaki automatizirani mastering koristiti AI. Uspjeh algoritma ovisi o promišljenosti programera jer odabir odgovarajućih ciljeva za mastering može biti izazovan. Neki sustavi, poput Aria ili CloudBounce, zahtijevaju korisnički unos za odabir ciljeva, dok drugi koriste AI za automatsko postavljanje ciljeva [12].

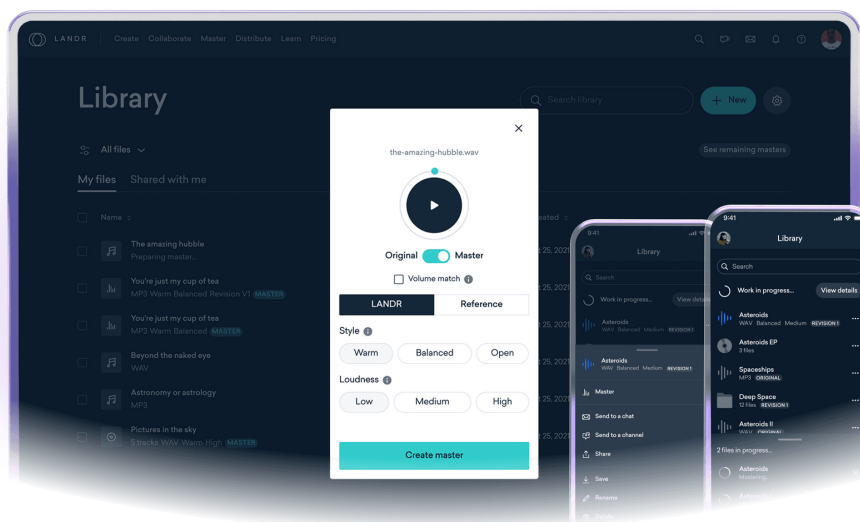
Najjeftinija opcija je korištenje jedne od automatiziranih online usluga za mastering poput LANDR-a, eMastereda ili Cloudbouncea. Ovisno o kvaliteti miksa, jer bolji miks rezultira boljim finalnim proizvodom, rezultati mogu biti iznenađujuće dobri. Posljednjih godina objavljene su mnoge druge platforme za mastering. eMastered, Cloudbounce, Maaster, Songmastr, Soundborg, Master Channel i Bakaug samo su neki od njih. Proizvođači pluginova kao što su Waves, Slate Digital i Plugin Alliance također su se pojavili na tržištu online masteringa [17].

Danas postoji mnogo AI platformi za mastering, ali LANDR je prisutan najduže (slika 4.6). Pokrenut je 2014. godine i prošao je najviše treniranja, kreirajući mastere za više od 5 milijuna pjesama. Treniranje AI-a je ključna, a što je veći skup podataka, to je bolji rezultat. LANDR se s vremenom značajno poboljšao i sada postiže rezultate koji nisu daleko od onih koje pruža producent zadužen za mastering [17].

LANDR koristi strojno učenje kako bi oponašao odluke koje bi mastering inženjeri donijeli pri prvom slušanju miksa. Kada se datoteka učita na stranicu, softver „sluša“ i reagira na glazbu, koristeći detekciju mikrožanrova za suptilne prilagodbe. Pri tome koristi alate kao što su višepojasna kompresija, EQ, stereo poboljšanje, limitiranje i harmonička zasićenost. S novim dodatkom nazvanim Tonic, LANDR AI mastering postiže još impresivnije rezultate [13].

Također moguće je kupiti napredne ili profesionalne pakete koji imaju mogućnosti odabira jednog od tri stila intenziteta masteringa: Lo, Hi i Med. Lo je najsuptilniji intenzitet koji čuva dinamički raspon pjesme i najmanje pojačava ukupnu glasnoću. Preporučuje se za nježniju,

akustičnu glazbu, orkestralnu glazbu ili za snimke za audioknjigu ili podcaste. Hi radi suprotno te značajno pojačava ukupnu glasnoću i snagu. Koristi se za EDM ili elektroničku glazbu koja je glasna te se praktički eliminira dinamički raspon kroz kompresiju. Med uravnotežuje ograničenja ostalih dvaju intenziteta i siguran je izbor za većinu glazbenih ili audio formi. Postoje i tri stila masteringa: Warm, Balanced i Open. Warm oponaša starije, ali cijenjene tehnike masteringa, dok je Balanced dizajniran da održava ravnotežu, jasnoću i dubinu. Open je namijenjen modernijim miksovima. Ove značajke omogućuju kontrolu i usmjeravanje načina na koji softver funkcionira nakon što „poslušā“ pjesmu i masterira je. Postoji i jedna značajka koja se zove reference mastering. Ova opcija omogućava korisniku da učita do 3 pjesme ili podcasta koji mu se sviđaju. Softver analizira te masterirane pjesme i koristi strojno učenje kako bi primijenio te tehnike na korisnikove snimke [13].



Slika 4.6 LANDR, Izvor:

https://www.landr.com/static/5e15aec394363ba6e4bca67bc6db6879/8b1f0/51224b6c-5347-4ec7-b788-80a759ed2cc6_Mastering-Visual-Mask.png, dostupno 15.08.2024.

4.6. AI okružujući (surround) zvuk

AI algoritam odnosi se na računalne postupke i matematičke modele dizajnirane za oponašanje ljudske inteligencije i procesa donošenja odluka. Ovi algoritmi koriste tehnike umjetne inteligencije za analizu podataka, učenje uzoraka i predviđanje ili generiranje rezultata. Oni su pokretačka snaga različitih AI primjena, uključujući obradu prirodnog jezika i strojno učenje. Algoritmi omogućuju automatizaciju složenih zadataka i olakšavaju procese donošenja odluka, što ih čini neprocjenjivim alatima u mnogim domenama, a kućni kino sustavi nisu iznimka [7].

Korištenjem naprednih algoritama, audio signali se mogu obraditi kako bi se stvorila iluzija šire zvučne pozornice, koja nadilazi fizička ograničenja zvučnika. AI algoritmi omogućili su razvoj virtualnog surround zvuka, tehnologije koja pruža impresivan audio doživljaj bez potrebe za fizičkim zvučnicima raspoređenima po prostoriji. Zahvaljujući inteligentnoj obradi audio signala, AI algoritmi mogu simulirati surround zvučne efekte i uvjeriti slušatelja da zvukovi dolaze iz različitih smjerova [7].

U surround sustavima se koriste AI algoritmi za analizu okruženja koji uzimaju u obzir faktore poput akustike prostorije i razine okolne buke. Dinamičkim podešavanjem audio postavki prema karakteristikama okoline, osiguravaju optimalan doživljaj slušanja bez obzira na akustičke uvjete prostorije. Također, ovi algoritmi mogu prilagoditi audio izlaz prema vrsti sadržaja koji se reproducira te poboljšavaju specifične elemente poput jasnoće dijaloga ili kvalitete basa [7].

AI algoritmi imaju ključnu ulogu u optimizaciji audio frekvencija za postizanje vrhunske kvalitete zvuka u kućnim kino sustavima. Algoritmi analiziraju audio signal i identificiraju područja koja zahtijevaju prilagodbe i dinamički primjenjuju EQ kako bi poboljšali ukupnu zvučnu izvedbu. Kroz optimizaciju frekvencijskog spektra, EQ osigurava uravnotežen zvuk, smanjuje distorziju i prilagođava audio izlaz prema preferencijama slušatelja [7].

AI algoritmi mogu učiti i prilagođavati se preferencijama korisnika. Oni analiziraju povratne informacije, navike slušanja i audio preferencije te na temelju toga prilagođavaju parametre kao što su EQ, prostorni efekti i razine glasnoće kako bi zvuk bio usklađen u skladu s preferencijama korisnika [7].

Mnogi Yamahini AV prijammnici (receiveri) imaju u sebi ugrađen dodatak Surround:AI. Surround:AI tehnologija analizira i optimizira DSP (Digital Signal Processing) parametre za svaku filmsku scenu čak pet puta u sekundi. To omogućuje prilagodbu u stvarnom vremenu te se usmjerava na ključne zvučne elemente kao što su dijalog, pozadinska glazba, ambijentalni zvukovi i zvučni efekti. DSP obrada fokusira zvuk u središnjem kanalu kako bi dijalog bio jasan

i razumljiv, bez neprirodne jeke. U kućnom kinu je zvučno polje inicijalno ograničeno na središnji kanal. Kako se scena mijenja, pozadinska glazba se dodaje u lijeve i desne kanale te se na taj način proširuje zvučno polje i dodatno naglašava emocionalni dojam dijaloga. Ovaj efekt stvara prostranije zvučno okruženje, dok dijalog ostaje usmjeren u centru. Surround:AI je jednostavan za korištenje, bez potrebe za stalnim mijenjanjem postavki te korisnik treba samo pritisnuti AI gumb na daljinskom upravljaču kako bi koristio tu opciju [5].

5. Zaključak

Umjetna inteligencija transformirala je ključne aspekte produkcije te omogućila bržu i tehnički napredniju obradu audio materijala. AI uvelike olakšava proces miksanja, masteringa, generiranja zvukova i ostale procese. Iako će rezultat biti zadovoljavajući za početnike, još uvijek nije na razini da bi se u potpunosti koristio u profesionalne svrhe.

Automatizacija je jedna od glavnih prednosti AI tehnologije te omogućava brže i efikasnije obavljanje tehničkih zadataka u audio produkciji. Umjetna inteligencija analizom audio signala može prilagoditi parametre poput EQ-a, kompresije i reverba, čime može smanjiti potrebu za ručnim prilagođavanjem ovih postavki. Takva automatizacija štedi vrijeme i omogućava korisnicima da se više posvete kreativnim aspektima.

AI nudi i nove mogućnosti u kreiranju glazbe, gdje sustavi mogu generirati melodije, ritmove i zvukove na temelju tekstualnog unosa korisnika. Ovaj aspekt omogućava umjetnicima eksperimentiranje s novim zvukovima, što je ranije bilo teško postići bez naprednih tehničkih vještina.

Iako umjetna inteligencija donosi brojne prednosti, ovaj rad ukazuje i na ograničenja koja postoje. Jedan od glavnih izazova jest činjenica da AI alati treniraju na postojećim podacima, što znači da često repliciraju postojeće zvukove i stilove. Umjetnička kreativnost je ključan element audio produkcije i dalje ostaje isključivo ljudska domena. AI ne može u potpunosti zamijeniti ljudski osjećaj i intuiciju.

Iako su AI platforme uglavnom jeftinija opcija od rada s profesionalnim producentima, treba istaknuti i financijske izazove primjene umjetne inteligencije u audio produkciji. Iako su neki alati dostupni široj javnosti, mnogi zahtijevaju značajne financijske resurse, bilo u obliku pretplata ili kupovine licenci. Troškovi razvoja i treniranja AI sustava doprinose visokoj cijeni alata, što trenutno ograničava dostupnost ovih tehnologija.

Primjena umjetne inteligencije u audio produkciji postavlja i neka važna pitanja vezana uz autorstvo i autentičnost glazbenih djela. S obzirom na to da AI može generirati glazbu s vrlo malo ljudske intervencije, postavlja se pitanje tko je pravi autor tih djela i kako će se regulirati prava na takva djela. Ova pitanja postaju sve važnija s razvojem AI tehnologija i njihovom sve raširenijom primjenom u kreativnim industrijama.

Umjetna inteligencija već sada igra ključnu ulogu u audio produkciji. Iako se suočava s izazovima poput ograničene kreativnosti i visokih troškova, očekuje se da će daljnji razvoj AI tehnologija omogućiti još veću preciznost i dostupnost. Umjetna inteligencija postaje nezaobilazni alat u radu s audio materijalom, ali i dalje ostavlja prostor za ljudsku kreativnost koja ostaje nezamjenjiv dio svakog uspješnog audio projekta.

6. Literatura

- [1] R. J. Burgess: The History of Music Production, Oxford University Press, New York, 2014.
- [2] T. Dittmar: Audio Engineering 101, Routledge, New York, 2017.
- [3] F. Hoffmann: Encyclopedia of Recorded Sound, Routledge, New York, 2005.
- [4] <https://blog.landr.com/music-production/>, dostupno 01.08.2024.
- [5] <https://hub.yamaha.com/audio/tv/what-is-surroundai/>, dostupno 01.08.2024.
- [6] <https://spitfireaudio.zendesk.com/hc/en-us/articles/8280154773277-What-is-a-Plugin>, dostupno 01.08.2024.
- [7] <https://techbullion.com/how-ai-algorithms-optimize-audio-in-home-theater-systems/>, dostupno 01.08.2024.
- [8] <https://tinyurl.com/izotope-audio-production>, dostupno 01.08.2024.
- [9] https://www.academia.edu/37869624/History_of_the_sound_recording_technology, dostupno 01.08.2024.
- [10] <https://www.avid.com/resource-center/how-to-produce-music#music-production>, dostupno 01.08.2024.
- [11] <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>, dostupno 01.08.2024.
- [12] https://www.izotope.com/en/learn/ai-mastering.html?srsId=AfmBOoqVTp8ziZd_p8_iwx9S3sZTwJW3vLGvDTXbBe1RAjVeTu-hAm-l, dostupno 01.08.2024.
- [13] <https://www.planetarygroup.com/landr-ai-mastering-engine-overview-test/>, dostupno 01.08.2024.
- [14] D. M. Huber, E. Caballero, R. E. Runstein: Modern Recording Techniques, Routledge, New York, 2024.
- [15] G. F. Luger: Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving, Addison-Wesley, 2008.
- [16] B. Owsinski: The Mastering Engineer's Handbook, Bobby Owsinski Media Group, Burbank, 2017.
- [17] B. Owsinski: The Musician's Ai Handbook, Bobby Owsinski Media Group, Burbank, 2023.
- [18] F. Rumsey, T. McCormick: Sound and Recording: Applications and Theory, Routledge, New York, 2021.
- [19] S. Russel, P. Norvig: Artificial Intelligence – A Modern Approach, Pearson Education, Hoboken, 2021.

Popis slika

Slika 2.1 Fonograf, Izvor: https://cdn.britannica.com/88/58588-004-A883923A/phonograph-Thomas-Edison-pits-sound-vibrations-series-1877.jpg , dostupno 15.08.2024	5
Slika 2.2 Magnetofon, Izvor: https://americanhistory.si.edu/collections/nmah_713300 , dostupno 15.08.2024.	7
Slika 2.3 CD, Izvor: https://www.britannica.com/technology/compact-disc#/media/1/129497/17064 , dostupno 15.08.2024.	9
Slika 3.1 AI potkategorije, Izvor: B. Owsinski: The Musician's Ai Handbook, Bobby Owsinski Media Group, Burbank, 2023.	11
Slika 3.2 ELIZA, Izvor: https://www.researchgate.net/profile/Siddhartha-B-S/publication/348306833/figure/fig1/AS:999661896744961@1615349377366/Example-of-ELIZA-ELIZA-a-chatbot-was-designed-by-Joseph-Weizenbaum-to-imitate-a.jpg , dostupno 15.08.2024.	14
Slika 3.3 ChatGPT logo, Izvor: https://cdn.prod.website-files.com/63da3362f67ed649a19489ea/65a762d88d34c9b08de34039_659f1e3a57ce506fbcc81b42_who%2520owns%2520chatgpt_logo.png , dostupno 15.08.2024.	15
Slika 4.1 FAST Compressor, Izvor: https://images.ctfassets.net/tdqac8tic0jh/2PPYFU5fAPYSXonEvTL23J/3666de68480768cabf91a73e89cd235e/fast-comp-1-1466-704.png?w=1280&h=615&q=90&fm=webp , dostupno 15.08.2024.	18
Slika 4.2 iZotope Neutron, Izvor: https://www.izotope.com/storage-cms/images/_aliases/hero_1920w_1x/8/3/8/6/216838-1-eng-GB/abb14d4aa0f6-n4-equalizer.png.webp , dostupno 15.08.2024.	19
Slika 4.3 Adaptiverb, Izvor: https://www.zynaptiq.com/typo3temp/pics/77ef6a5000.png , dostupno 15.08.2024.	20
Slika 4.4 Samplab, Izvor: https://samplab.com/assets/img/plugin/fl-studio.jpg , dostupno 15.08.2024.	21
Slika 4.5 Cryo-Mix, Izvor: https://easywithai.com/storage/2022/12/Cryo-Mix-1024x644.png , dostupno 15.08.2024.	24
Slika 4.6 LANDR, Izvor: https://www.landr.com/static/5e15aec394363ba6e4bca67bc6db6879/8b1f0/51224b6c-5347-4ec7-b788-80a759ed2cc6_Mastering-Visual-Mask.png , dostupno 15.08.2024.	26

Sveučilište
SjeverSVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MATEJ PETRAN (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom UMJETNA INTELIGENCIJA U AUDIO PRODUKCIJI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.