

# AI (umjetna inteligencija) u glazbenoj produkciji

---

Slivka, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Academy of Arts and Culture in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Akademija za umjetnost i kulturu u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:251:242301>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Academy of Arts and Culture in Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
AKADEMIJA ZA UMJETNOST I KULTURU  
ODSJEK ZA KULTURU, MEDIJE I MENADŽMENT  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ  
MENADŽMENT U KULTURI I KREATIVNIM INDUSTRIJAMA

DOMAGOJ SLIVKA

**AI (UMJETNA INTELIGENCIJA)  
U GLAZBENOJ PRODUKCIJI**

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:

doc. dr. sc. Luka Alebić

Osijek, 2024.

## ***Sažetak***

Umjetna inteligencija (AI) sve više igra ključnu ulogu u muzičkoj produkciji, donoseći inovacije i unapređenja u različitim fazama stvaranja muzike. AI alati mogu analizirati velike količine podataka kako bi prepoznali obrasce u glazbi, što pomaže producentima u stvaranju melodija, harmonija i ritmova.

Jedna od primjena AI-a je u generiranju glazbe, gdje algoritmi mogu stvoriti originalne kompozicije ili remikse na temelju postojećih stilova. Također, AI se koristi za automatsko podešavanje zvuka, miksanje i mastering, čime se štedi vrijeme i omogućava producentima da se fokusiraju na kreativne aspekte.

AI također može pomoći u analizi publike, predviđanju muzičkih trendova i preporučivanju pjesama, što omogućava umjetnicima i producentima bolje ciljanje svoje publike. Međutim, postavlja se pitanje o kreativnosti i autentičnosti, jer se neki boje da bi AI mogao umanjiti ljudski dodir u glazbenom stvaralaštvu.

Sve u svemu, korištenje AI-a u muzičkoj produkciji predstavlja uzbudljivu budućnost koja može poboljšati proces stvaranja muzike, ali istovremeno donosi nove izazove i pitanja o prirodi umjetnosti.

## ***Ključne riječi***

Umjetna inteligencija (AI), muzika/glazba, produkcija, generiranje, kompozicija, miksanje, mastering, analiza podataka, publika, trendovi, kreativnost, autentičnost, algoritmi, remiks i inovacije.

## ***Abstract***

The integration of artificial intelligence (AI) in music production has revolutionized the way music is created, recorded, and distributed, driving a paradigm shift in the industry. This paper explores the multifaceted applications of AI technologies, including machine learning algorithms, generative adversarial networks, and natural language processing, which aid musicians and producers in composition, arrangement, mixing, and mastering. We examine the impact of AI-driven tools on creativity, efficiency, and accessibility, highlighting how they democratize music production for both amateur and professional artists. Furthermore, we address the implications of AI in terms of originality, authorship, and ethical considerations, as well as the potential for AI to analyze listener preferences and trends for targeted marketing. By analyzing case studies of AI-generated compositions and the collaboration between human artists and AI systems, this study aims to provide insights into the evolving landscape of music production and the future of artistic expression in an increasingly automated world. The paper concludes with recommendations for further research and development in this dynamic and rapidly growing field.

## ***Keywords***

Artificial Intelligence (AI), Music, Production, Generation, Composition, Mixing, Mastering, Data Analysis, Audience, Trends, Creativity, Authenticity, Algorithms, Remixes and Innovations.

# SADRŽAJ

## *Sadržaj prvog dijela:*

<b>UVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>1. KRATAK KRONOLOŠKI PRESJEK ALGORITAMSE KOMPOZICIJE</b> .....	<b>5</b>
1.1. Postupci prije uporabe računala	
1.2. Uporaba računala	
<b>2. CILJEVI ALGORITAMSKE KOMPOZICIJE</b> .....	<b>10</b>
<b>3. ALGORITAMSKA KOMPOZICIJA KAO MODEL KREATIVNOSTI</b> .....	<b>12</b>
3.1. Pojmovi <i>algoritam</i> i <i>algoritamska kompozicija</i>	
3.2. Procedure i načini skladanja	
a) determinističke procedure u usporedbi sa stohastičkim	
b) automatsko i interaktivno skladanje	
3.3. Glazbeni pomoćnici (suradnici)	
<b>4. RAZVOJ ALGORITAMSKE KOMPOZICIJE</b> .....	<b>15</b>
4.1. Kategorije i modeli algoritamskih kompozicija	
4.2. Razvoj i obrada motiva	
4.3. Razvoj teme	
4.4. Razvoj kompozicije	
<b>5. RAČUNALO KAO GLAVNI IZVOR</b> .....	<b>19</b>
5.1. Software i najčešći parametri (algoritmi)	
- Markovljev lanac	
- Loop (Iteracija)	
5.2. Fraktali	
- Mandelbrotov skup, Julijin fraktal	
- Sierpinski trokut	

## ***Sadržaj drugog dijela:***

<b>1. DEFINICIJA AI I GLAZBENE PRODUKCIJE</b> .....	<b>23</b>
1.1. Definicija umjetne inteligencija	
1.2. Definicija Glazbene produkcije	
<b>2. POVIJEST RAZVOJA AI</b> .....	<b>24</b>
2.1. Povijest razvoja AI tehnologija u glazbenoj industriji	
2.2. Pioniri i ključni trenutci u razvoju AI – kronološki pregled	
2.3. Povijest AI u glazbenoj produkciji	
<b>3. METODE I PRIMJENA AI U GLAZBENOJ PRODUKCIJI</b> .....	<b>26</b>
3.1. Metode generiranje glazbe pomoću AI	
3.2. Primjena AI u Različitim Aspektima Glazbene Produkcije	
3.3. Automatizacija komponiranja glazbe i stvaranje glazbenih tema pomoću AI-a	
<b>4. UTJECAJ AI NA GLAZBENU INDUSTRIJU</b> .....	<b>33</b>
4.1. Prednosti	
4.2. Izazovi	
4.3. Utjecaj na glazbenike, producente i slušatelje	
4.4. Etička pitanja vezana uz korištenje AI u stvaranju glazbe	
<b>5. PRIMJERI STVARANJA I MASTERIZIRANJA GLAZBE</b> .....	<b>37</b>
5.1. Korištenje Suno.ai, AI alata za skladanje muzike	
5.2. Band Lab Mastering- program za masteriziranje	
<b>6. BUDUĆI SMJEROVI AI U GLAZBENOJ PRODUKCIJI - pretpostavka</b> .....	<b>41</b>
6.1. Predviđanja i potencijalni smjerovi budućeg istraživanja AI u glazbi	
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>43</b>
<b>8. LITERATURA</b> .....	<b>44</b>

# PRVI DIO

## UVOD

Dva su različita tipa kreativnosti - iznenadno prosvjetljenje (*inspiracija, genijalnost?*) i proces stalnog postupnog ulaganja (*težak rad?*). Prvo još nismo počeli shvaćati a drugo je algoritmično po prirodi i već je oblikovano u mnogim sustavima, kako muzičkima, tako i nemuzičkima.

Algoritamska kompozicija stara je koliko i muzička kompozicija. Ponekad se može tumačiti varanjem odnosno izlazom kada skladatelj treba materijal ili inspiraciju. Može se smatrati i kompozicijskim aparatom koji jednostavno skladateljev posao čini bržim. Niti jedno niti drugo nije pogrešno. Bitno je da se iz oba tipa razmišljanja postigne željeni efekt. *Težak rad* kao tip kreativnosti često uključuje isprobavanje i suprotstavljanje mnogih kombinacija te izabiranje jedne prije druge. Često ponavljajući ovaj zadatak moglo bi ga se izraziti kao računalni algoritam.

U praksi raspravu možemo svesti na dva osnovna pitanja: kako razumjeti vlastiti kreativni proces dovoljno dobro da ga izrazimo kao algoritam te kako programirati računalo kako bi razlikovalo dobru glazbu od loše. Filozofske se rasprave svode na pitanja: tko ili što je odgovoran za stvorenu glazbu - čovjek ili računalo? Koja je razlika između glazbe stvorene od umjetnika i glazbe stvorene algoritmom?

U ovom ćemo diplomskom radu pokušati objasniti što je to algoritamska kompozicija, koja joj je svrha. U teoretsko dijelu gledat ćemo algoritamske kompozicije kao na pomoć *teškom radu* dok nastaje novo djelo. Proći ćemo kroz njezinu povijest, pojasniti razvoj teme i same kompozicije, modela koji se koriste, pojasniti njezinu fraktalnost i na kraju objasniti uporabu *software*-a i njemu svojstvenih parametara (algoritama). U praktičnom dijelu prikazat ćemo razvoj motiva, teme, kompozicije. Sve ono što smo u teorijskom dijelu naveli pokušat ćemo pronaći u muzičkim primjerima nekoliko autora. Na samom kraju usudit ćemo se napraviti jednu kompoziciju kako bi lakše donijeli precizniji zaključak o algoritamskim kompozicijama.

## 1. KRATAK KRONOLOŠKI PRESJEK ALGORITAMSKE KOMPOZICIJE

### 1.1. Postupci prije uporabe računala

Ideja o korištenju formalnih uputa i procesa pri stvaranju glazbe u povijesti seže još od

starih Grka. Pitagora je vjerovao u izravnu povezanost između zakona prirode i harmonije zvukova izražene glazbom. Riječ *glazba* za Grke je imala mnogo šire značenje nego što ima danas. U Pitagorinim i učenjima njegovih sljedbenika glazba je bila neodvojiva od *brojeva* za koje se smatralo da su ključ cijelog duhovnog i fizičkog svijeta. Sustav glazbenih zvukova i ritmova uređen brojevima služio je tako kao primjer harmonije svemira. Prema tome, teorijske primjene brojeva (tj. *podataka* u neku ruku) i različitih matematičkih oblika proizašlih iz prirode bile su formalizmi ili *algoritmi* na kojima su drevni grčki glazbenici konstruirali svoje muzičke sustave. Ptolomej i Platon pisali su također o takvoj praksi.

Ptolomej, *najsustavniji drevni teoretičar glazbe*, bio je i vodeći astronom toga vremena. Vjerovao je da su matematički zakoni *osnova sustava i muzičkih intervala i nebeskih tijela*, i da se određeni modusi te određene note *podudaraju s točno određenim planetama, njihovim međusobnim udaljenostima i kretanjima*. Na to su se pozivali i kasniji autori tijekom srednjega vijeka, uključujući Shakespearea i Milтона.

No, ti su se grčki *formalizmi* uglavnom temeljili na teoriji dok je njihova primjena na muzičku izvedbu vjerojatno upitna budući da je grčka glazba gotovo u cijelosti bila improvizirana. Iako su dakle, grčke matematičke ideje stvarale muzičke sustave intervala i modusa kojima je upravljao glazbenik i koji su na neki način vjerojatno vodili i utjecali na njegovu izvedbu u praksi, glazbenik ni u kom slučaju nije bio uklonjen iz procesa donošenja odluka. Starogrčka glazba tako nije bila *algoritamsko skladanje* u doslovnom smislu, ali je zbog svoje tendencije prema *izvanljudskim* procesima bez sumnje važna u povijesti glazbe.

Dodatni će se sloj apstrakcije postići rođenjem *kanonske* kompozicije u ranom 15. stoljeću. Dominatna Srednjovjekovna metoda bila je zapisivanje uloge jednoga glasa i davanje upute pjevačima kako izvesti dodatne glasove. Uputa ili pravilo kojem se izvodili ti dodatni glasovi nazivalo se *kanonom*, što znači pravilo ili zakon. Primjerice dodatni se glas moglo uputiti da pjeva istu melodiju počevši određeni broj taktova ili mjera iza originala a drugi glas mogao je biti inverzija prvoga ili retroinverzija. Ova *pravila* imitacije i manipulacije su zaista *algoritam* kojim su izvođači razvijali glazbu. U ovom slučaju, za razliku od starih Grka, možemo jasno vidjeti uklanjanje skladatelja iz velikog dijela procesa skladanja. Skladatelj smišlja jezgru glazbe (jednu melodiju) ili dio iz kojeg se automatski konstruira cijela kompozicija.

I Mozart je koristio automatizirane tehnike skladanja u svojoj *Muzičkoj igri kockicama*. Ta je muzička igra uključivala spajanje nekoliko malih muzičkih fragmenata i njihovo slučajno kombiniranje, tj. slaganje novog djela iz nasumično odabranih dijelova. Tako jednostavan oblik algoritamske kompozicije prepušta slučajnosti odluke o kreativnosti, prepuštajući bacanju

kockica izbor nota koje će se koristiti. Oblik se naziva *aleatorika* a objasniti ćemo ga kasnije u poglavlju *Ciljevi algoritamske kompozicije*. (slika 1).

Slika 1. i 2. Tabele brojeva iz *Musikalisches Wuerfspiel* W. A. Mozarta (Bacanje kockice)

1. Walzerteil		2. Walzerteil															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2	98	22	141	41	105	122	11	30	2	70	121	26	9	112	49	109	14
3	32	6	128	63	146	46	134	81	3	117	39	126	56	174	18	116	83
4	69	95	158	13	153	55	110	24	4	66	139	15	132	73	58	145	79
5	40	17	113	85	161	2	159	100	5	90	176	7	34	67	160	52	170
6	148	74	163	45	80	97	36	107	6	25	143	64	125	76	136	1	93
7	104	157	27	167	154	68	118	91	7	138	71	150	29	101	162	23	151
8	152	60	171	53	99	133	21	127	8	16	155	57	175	43	168	89	172
9	119	84	114	50	140	86	169	94	9	120	88	48	166	51	115	72	111
10	98	142	42	156	75	129	62	123	10	65	77	19	82	137	38	149	8
11	3	87	165	61	135	47	147	33	11	102	4	31	164	144	59	173	78
12	54	130	10	103	28	37	106	5	12	35	20	108	92	12	124	44	131

Postoje i suvremeniji primjeri algoritamskog skladanja bez uporabe računala. John Cage se, na primjer, kao i Mozart koristio nasumičnošću u mnogim svojim kompozicijama. Tako i u kompoziciji *Ponovni susret* koja se izvodi igranjem šaha na šahovskoj ploči opremljenoj fotoreceptorom: *Potezi igrača izazivaju zvukove, i tako je djelo drukčije svaki put kada se izvodi*. Cage je dakle prepuštao proces skladanja prirodnim fenomenima. Djelo *Atlas Eclipticalis* (1961.) skladao je stavljanjem notnog papira na astronomske karte i jednostavno upisivao note tamo gdje se pojavljuju zvijezde, ponovno prepuštajući proces skladanja neodređenosti. Dodekafonija i serijalizam su, nadalje, bili pokreti poslijeratne ere kojima se pokušavalo potpuno kontrolirati sve parametre glazbe i objektivizirati i apstrahirati proces skladanja koliko je god moguće. Odluke o svemu, od nota, ritmova, do oznaka dinamike, često su se podvrgavale unaprijed zadanim *serijama* ili *matricama* vrijednosti kojima se *automatiziralo* mnoge od tih parametara određivanjem redoslijeda prema kojem se moraju pojavljivati u djelu. Te su serije i matrice bili *algoritmi* koji su nadilazili ljudsku kreativnost. Takvu se determiniranost može označiti kao algoritamskom ili automatiziranom u doslovnom smislu, napose kada se u djelo pokušava integrirati što je više moguće muzičkih parametara. Klavirska je etida Oliviera Messiaena *Mode de valeurs et d'insites* primjerice imala seriju od 36 visina tonova, a svakoj visini bila je zadana određena karakteristika ritma, dinamike i registra prema kojoj ju se treba koristiti u kompoziciji.

## 1.2. Uporaba računala

Pojava računala dovela je do nevjerojatnih novih mogućnosti algoritamskog skladanja.



Dogodilo se kako je pretpostavila Ada Lovelace, da je računalo (ili moderni *stroj za računanje*) spojio znanstvenike i skladatelje u stvaranju takvih *složenih* djela novim algoritamskim metodama programiranja.

Najraniji primjer kompozicije generirane računalom datira iz 1955. – 1956. Godine. Ta je kompozicija Lejarena Hillera i Leonarda Isaacsona nastala na Sveučilištu Illinois. Koristeći se računalom *Illiac* (Slika 3.) uspjeli su programirati osnovni materijal i stilske parametre koji su rezultirali suitom *Illiac* (1957.). Notni zapis djela skladalo je računalo a onda je prenesen u tradicionalni zapis kako bi ga izveo gudački kvartet. Hiller i Isaacson su u suiti *Iliac*:

- a) Računalom generirali određeni *sirovi materijal*,
- b) modificirali taj materijal u skladu s određenim funkcijama,
- c) izabrali najbolji rezultat iz dobivenih modifikacija prema različitim pravilima.

Ova *generator/modifikator/selektor* paradigma primijenila se kasnije i na MUSICOMP, jedan od prvih računalnih sustava za automatizirano skladanje. Napisali su ga Hiller i Robert Baker u kasnim 50-im i ranim 60-im godinama 20.stoljeća, a kojim se realizirala i *Computer Cantata*. Budući da je MUSICOMP napisan kao skup *pod-rutina*, proces pisanja programa za skladanje učinio je mnogo jednostavnijim jer programer/skladatelj može koristiti obrasce unutar većeg programa koji odgovaraju njegovu stilu.

Još jedna pionirska uporaba računala u algoritamskom skladanju je ona Iannisa Xenakisa. On je kreirao program koji stvara podatke za njegove *stohastičke* kompozicije o kojima je detaljno pisao u svojoj knjizi *Formalizirana glazba* (1963.). Xenakis je iskoristio sposobnosti računalnog brzog izračunavanja kako bi dobio različite teorije vjerojatnosti koje bi mu pomogle u kompozicijama kao *Atrées* (1962.) i *Morsima-Amorsima* (1962.). Računalo bi *dedukcijom* došlo do djela iz *liste gustoće nota i težine vjerojatnosti koje zadaje programer, prepuštajući specifične odluke nasumičnom generatoru brojeva*. Kao u prethodnom primjeru suite *Illiac*, te partiture izvode živi izvođači na tradicionalnim instrumentima.

Već u prva dva primjera, Xenakisa i Hillera, nailazimo na dvije različite metodologije u algoritamskoj kompoziciji generiranoj računalom:

1. stohastički sustavi,
2. deterministički sustavi zasnovani na pravilima.

Stohastički su pristupi najjednostavniji. Oni uključuju nasumičnost i sežu od jednostavni, npr, kao generiranje skupa nota, kao što se vidjelo u Mozartovoj *Igri kockicama*. Još jedan primjer ne-računalno orijentirane stohastičke kompozicije su Karlheinz Stockhausenovi *Klavierstucke XI*. Pijanist niz različitih fragmenata treba izvoditi u nasumičnom redoslijedu.

Drugi pristup algoritamskom skladanju korištenjem računala je onaj sustava zasnovanih na pravilima i formalnim gramatikama. Temeljni primjer procesa zasnovanog na pravilima koncentrira se na seriju testova ili pravila kroz koje program prolazi. Ne-računalne paralele algoritamskog skladanja utemeljenog na pravilima koje smo ranije spomenuli uključuju kanon iz renesansnog razdoblja (15. st.) te poslijeratnu metodu dvanaest tonova i integralni serijalizam. Umjesto da odluke prepuštaju slučaju, kao u stohastičkom pristupu, ovi sustavi unaprijed komponiraju *konstituciju* ili takoreći *gramatiku* po kojoj se procesi skladanja moraju ponašati kada se pokrene proces. Primjer korištenja metode utemeljene na pravilima je program automatskih vrsta kontrapunkta Williama Shottstaedta koji piše glazbu na temelju pravila knjige s instrukcijama za kontrapunkte *Gradus ad Parnassum* Johanna Josepha Fuxa iz ranog 18. stoljeća. a kojoj je cilj voditi mlade skladatelje oponašanju strogo kontroliranog polifonog stila Palestrine (1525-1594.).

Taj je program sagrađen na oko 75 pravila, poput *paralelne kvinte nisu dopuštene i izbjegavaj tritonuse blizu kadence u lidijskom modusu*. Schottstaedt navodi i *kazne* za kršenje pravila. Te kazne imaju različitu težinu budući da Fux pokazuje kako se neka pravila nikad ne smije prekršiti, ali drugih se ne treba tako striktno držati. Kako se kazne akumuliraju, program napušta svoju trenutnu granu pravila i radi unazad kako bi pronašao novo rješenje.

Još jedan primjer je onaj automatiziranog sustava CHORAL Kemala Ebcioglua koji generira četverodijelne korale u stilu J.S. bacha na temelju više 350 pravila.

Zadnji jedinstveni pristup je onaj korištenjem sustava umjetne inteligencije. Ti su sustavi također zasnovani na nekoj unaprijed definiranoj gramatici. No, sustavi umjetne inteligencije su dalje sposobni *definirati i svoju gramatiku* – odnosno, sposobni su *učiti*. Kao primjer navodimo sustav Davida Copea *Experiments in Musical intelligence* (EMI). Poput prethodnih primjera Schottstedta i Ebcioglua, EMI se temelji na velikoj bazi podataka opisa stilova, ili pravila, različitih strategija komponiranja. No, EMI ima sposobnost kreiranja svoje vlastite gramatike i baze podataka pravila. Računalo samo zaključuje na temelju nekoliko partitura radova nekog skladatelja koje se u njega unese.

EMI se koristio u automatskom skladanju glazbe koja već prilično uspješno podsjeća na stilove Bacha, Mozarta, Bartoka, Brahmsa, Joplina i mnogih drugih.



Slika 3. Lejaren Hiller i računalo *Iliac* portretirani u znanstvenom časopisu *Scientific American* 1959.

„Postoji još mnogo dobre glazbe u C-duru koja čeka kako bi bila napisana“

- Arnold Schoenberg

## 2. CILJEVI ALGORITAMSKE KOMPOZICIJE

Kreativnost ponekad stigne kao ugodno iznenađenje, ostavljajući čovjeka s osjećajem inspiracije, vizije i svrhe, rezultirajući neporecivom i neobjašnjivom jasnoćom. U drugim se slučajevima počne s nejasnim kreativnim idejama, da bi se bezbroj sati provelo u razmišljanju i suzama, znoju i frustracijama. Kako smo već u uvodu rekli to ugodno iznenađenje je *genijalnost* a drugo gore spomenuto je *težak rad*. Dok prvo može proizvesti glazbu s više inspiracije, koju ne razumijemo u potpunosti i zbog toga je manja mogućnost reproduciranja, dotle drugo slični ponavljajućem algoritmu koji se trudi postići optimalnu halevrijednu funkciju, zbog čega je lakše razumljiva kao računalni program. Rezultat je sustav skrojen za određenog skladatelja (nazovimo ga A). Ako će druga osoba koristiti taj isti sustav kako bi stvorila glazbu, ona će skladati glazbu osobe A, a ne svoju.

Ovo nas dovodi do zanimljive digresije o razlici između muzičke kompozicije i muzičke spoznaje. Bruce L. Jacob sa sveučilišta Illinois pokušao je ovu digresiju približiti u jednom od svojih izlaganja pa navedimo:

„Ako algoritam koji je napisao skladatelj kreira glazbu koja baš i nije što je sam skladatelj htio, on tada filtrira tj. izdvaja dijelove koji su u konfliktu s njegovom željom. Je li to kompozicija? Koliko minimalne moraju biti promjene, da bi se algoritamski stvorena glazba smatrala

skladanom? Koliko velike moraju biti promjene prije nego bi se nečija uloga kao algoritamskog dizajnera promijenila iz skladatelja u editora? U kojem trenutku skladatelj samo prepoznaje glazbu koju voli? Postoji li razlika? Zašto bi se skladatelji uopće zanimali za računalno skladanje?

Tu ima više odgovora:

- skladatelj može odmah preslušati ideju koju je zamislio i utažiti radoznalost za novim mogućnostima,
  - iskušati slučajnost koju će računalo proizvesti
  - stavljati muzičke segmente u druge kontekste i muzička djela,
  - u kompozicijskim zadacima generirati algoritme kako bi riješili određene probleme,
  - kompleksne procedure vjerojatnosti staviti u kompozicijski proces,
  - malim promjenama na meta-razini može ekstremno utjecati na partituru,
  - može istražiti prekompleksne i prezahitjivne mogućnosti skladanja na matematičkoj razini,
  - može koristiti različitu zvukovnu podlogu, instrumente i još mnoge druge opcije,
- a sve to brzo i efikasno uz mogućnost istovremenog gledanja novonastale partiture.

Promotrimo i razliku u ciljevima *genijalaca* i *teških radnika*:

*Genijalci* jednostavno isprobavanjem dobiju dobru skladbu ne pitajući se kako ili na koji način su ju dobili, nego se jednostavno vode inspiracijom, logikom i jasnoćom koju imaju. Na kraju skladba mora postići željeni efekt.

*Teški radnici* svojim mukotrpnim trudom pokušavaju doći do istoga cilja ali da pritom njihov rad ne izvire iz genijalnosti, nego se koriste *kockicama* koje slože u dobru kompoziciju. Istovremeno im je izazov koristiti logiku te što kompliciraniji proces.

Postoji skupina skladatelja koji su koristili principe i jednih i drugih. Spomenimo europske i američke skladatelje kao što su Karlheinz Stockhausen, Pierre Boulez, John Cage i Earle Brown. Oni su u pokušavajući stati na kraj ekstremnom determinizmu serijalnog skladanja, eksperimentirali s aleatoričkim metodama skladanja. Pod pojmom *aleatorike* podrazumijeva se da su određeni dijelovi skladbe bili ostavljeni otvoreni za interpretaciju ili su bili skladani prema tehnici slučajnosti, poput primjerice *bacanja kockice*.

Ima, dakako, i onih skladatelja kojima cilj nije dobra skladba, već samo jedno dobro i sofisticirano logičko rješenje. To ne mora biti loše jer može pomoći u otkrivanju novih načina skladanja, koji bi kasnije bili modeli za stvaranje dobre glazbe skupini *teških radnika*.

Ciljevi svih skupina u svakom su slučaju svrsishodni. Računalni programi koji su se počeli koristiti ubrzali su dugotrajne radove vezane uz sustavno skladanje. Stoga su se software i hardware činili kao logični nastavak estetike formalnoga skladanja.

### 3. ALGORITAMSKA KOMPOZICIJA KAO MODEL KREATIVNOSTI

*Kako bi vjerovali da postoji algoritam se mora vidjeti, a najbolji i najjednostavniji način kako bi ga se shvatilo je isprobati ga.*

- Donald Knuth, *The Art of Computer Programming*

#### 3.1. Pojmovi *algoritam* i *algoritamska kompozicija*

Da bismo mogli pojasniti pojam *algoritamska kompozicija* najprije treba objasniti pojam *algoritam*. Sam je naziv nov. Izraz *algoritam* preuzet je iz područja računalne znanosti i informacijskih znanosti oko polovice 20. Stoljeća. Websterov rječnik pojam algoritam određuje jednostavno kao „unaprijed zadan skup uputa za rješavanje određenog problema u ograničenom broju koraka.“

*Problem* s kojim se suočavaju skladatelji je, naravno, stvaranje glazbe. *Upute* za stvaranje glazbe su, prema definiciji, *unaprijed određene*, što pretpostavlja da nadjačavaju ulogu skladatelja, kada se pokrene proces skladanja.

U matematici, računalnim znanostima i uz to vezanim disciplinama *algoritam* je učinkovita metoda za rješavanje problema korištenjem konačnog niza uputa. Algoritme se koristi za izračune, obradu podataka i u mnogim drugim poljima.

Svaki je algoritam skup pomno definiranih uputa za izvršavanje nekog zadatka. Upute opisuju izračun koji se odvija kroz pomno definiran redoslijed stanja koja slijede jedno za drugim i naposljetku završavaju konačnim stanjem. Prijelaz iz jednoga stanja u drugo nije nužno deterministički proces: neki algoritmi, poznati kao nasumični algoritmi, uključuju nasumični odabir. Mnoge algoritme koji nemaju neposrednu važnost skladatelji koriste kao kreativnu inspiraciju za stvaranje svoje glazbe (algoritmi kao fraktali, l-sistemi, statički modeli, pa čak i nasumični podaci). Uspjeh ili neuspjeh ovih procedura, kao izvora dobre glazbe, uvelike ovisi o sustavu preslikavanja kojeg skladatelj koristi pri prevođenju nemuzičkih informacija u muzičke.

Prema tome, algoritamsko se skladanje, ponekad zvano i *automatizirano skladanje*, u osnovi odnosi na *proces korištenja određenih formalnih procesa ili algoritama da bi se stvaralo glazbu uz minimalnu intervenciju čovjeka*. Takvi formalni procesi poznati su u glazbi od davnina.

Primjerice, postupci koji se koriste za izračunavanje drugog glasa u dvoglasju, mnogim se muzičkim tehnikama svode na algoritmičku određenost. No, termin je obično rezerviran za

korištenje formalnih postupaka pri stvaranju glazbe bez uloge čovjeka, ili kroz uvođenje slučajnih postupaka, ili korištenjem kompjutera.

*Dakle, algoritam je unaprijed zadan skup uputa za rješavanje određenog problema u ograničenom broju koraka, a algoritamska kompozicija je proces korištenja algoritama kako bi se stvaralo glazbu uz minimalnu intervenciju čovjeka.*

### 3.2. Procedure i načini skladanja

Postoji ključna razlika (i glede filozofije i glede rezultata slušanja) između skladatelja koji koriste više različitih procedura komponiranja. Koriste se *stohastička procedura* za skladanje i *deterministička procedura* zadanih parametara u algoritmu, zatim *automatsko skladanje* i *interaktivno skladanje*. Pojasnit ćemo:

a) Determinističke procedure u usporedbi sa stohastičkim

*Determinističke procedure* generiraju glazbene note provodeći zadani, no potencijalno komplicirani, kompozicijski zadatak koji ne uključuje slučajan odabir. Parametri koji se zadaju za determinističku proceduru zovu se *zametnim podatcima*. Mogu biti niz tonova, glazbene fraze ili neka ograničenja koja procedure moraju ispuniti. Primjer determinističke procedure bio bi program za harmonizaciju melodije korala u stilu J.S.Bacha. U tom je slučaju zametak melodija. Pravila harmonizacije i vođenja glasova, izvedena iz udžbenika, osiguravaju da samo određeni redosljed akorada.

*Stohastičke procedure* s druge strane integriraju slučajan odabir u proces donošenja odluka. *Stohastičko* je termin iz matematike koji označava proces u kojem se niz vrijednosti izvlači iz odgovarajućega niza zajednički raspoređenih nasumičnih varijabli (Websterov rječnik). *Stohastičke procedure* generiraju glazbene događaje sukladno tablicama vjerojatnosti. Te tablice jamče sveobuhvatni trend, no rezultat lokalnih događaja ostaje nepredvidljiv. Osnovni stohastički generator proizvodi slučajan broj i uspoređuje ga s vrijednostima pohranjenim u tablici vjerojatnosti. Ukoliko se slučajni broj uklapa u određeni opseg vrijednosti u tablici, algoritam generira događaj povezan s tim opsegom.

Determinističkom procedurom računalo sve čini kako bi slijedilo upute a stohastičkom su dopuštena nekakva odstupanja i to je jedina i glavna razlika. Slušanjem ne možemo utvrditi je li dani fragment nastao u stohastičkom ili determinističkom procesu. Stoga je odabir algoritma stvar filozofije i ukusa.

b) Automatsko i interaktivno skladanje

Prije je *automatsko skladanje* izazivalo strah. Mislilo se da će zamijeniti skladatelje, baš kao što su snimke (magnetofonska vrpca, lp, kasete, cd i drugi mediji) zamijenile glazbenike-

izvođače u mnogim slučajevima. Četiri desetljeća nakon Hillerovih javno predstavljenih eksperimenata strahovi se nisu ostvarili. Unatoč tome, uporaba programa za skladanje i dalje ostaje kontroverzna. Od skladatelja koji nije programer, posve automatizirani programi za skladanje zahtijevaju vrlo malo kreativnosti. Skladateljeva je interakcija ograničena na ispostavljanje manje količine zametnih podataka prije provođenja programa. Strategija skladanja zadana je u programu i korisnik jedino ubire plodove kada žetva nota završena. U svom najekstremnijem obliku automatsko skladanje nalikuje tzv. *nađenoj umjetnosti*. Skladatelj odabire izlaznu vrijednost i zapravo potpisuje i uokviruje djelo naslovom i izvedbenim medijem. Načini odstupanja od utvrđene strategije su modificiranje programske logike ili revizija izlaznih vrijednosti programa.

**Interaktivno skladanje** podrazumijeva kako i naziv kaže, interaktivno sudjelovanje skladatelja u cijelom procesu od početka do kraja. Ono je suprotnost automatskom skladanju. Skladatelj unosi ulazne vrijednosti, brine o procesu obrade u samom programu, dodaje svoju programsku logiku i odlučuje o izlaznim vrijednostima. Posebice je Xenakis provodio raspoređivanje i pročišćavanje izlaznih nedorađenih podataka koje je emitirao SMP-program. Njegov opus obuhvaća brojne primjere odabira i ponovnog raspoređivanja programskih izlaznih vrijednosti.

U svakoj proceduri, procesu ili načinu skladanja skladatelj je mogao pronaći svoj izvor inspiracije. Naravno da su mu pri tome mogli pomoći kolege ili asistenti, ako ne u kreativnom onda u tehničkom smislu, kako bi ostvario željenu kompoziciju. Nazovimo ih dakle **glazbenim pomoćnicima (suradnicima)**. Pokušajmo uvidjeti važnost njihove uloge.

### 3.3. Glazbeni pomoćnici (suradnici)

Zanimanje *glazbenog pomoćnika* nije službeni predmet u glazbenim školama, no riječ je o veoma cijenjenoj profesiji. Mnogi poznati skladatelji povećavaju količine svojih glazbenih djela upošljavanjem upravo glazbenih pomoćnika. Skladatelj komercijalne filmske glazbe može uposliti mnoštvo honorarnih skladatelja kako bi se realizirala glazba za neki pojedini film. Pojedini honorarci razvijaju osnovnu temu koju je zadao skladatelj ili orkestriraju partituru za klavir koju je kreirao neki drugi honorarac. Budući da maestro ne mora biti upoznat s glazbenom tehnologijom, glazbeni pomoćnici su nužni za upravljanje alatima u računalnom glazbenom studiju, nadopunjavajući jednostavne glazbene oblike egzotičnim glazbenim efektima. Budući da jedna razina skladanja uključuje eksperimentiranje i metodu pokušaja i pogriješaka, glavni skladatelj može povećati učinkovitost dodjeljujući isti zadatak nekolicini pomoćnika kako bi utvrdio na koji će način svaki od njih riješiti zadatak. Glavni skladatelj može

tada odabrati omiljenu interpretaciju među svim tim primjerima. Maestra uloga je jednaka ulozi glavnog kuhara koji sastavlja menije i kuša jela svojih podređenih (dajući prijedloge ukoliko nešto nije u redu), no on ipak nije uključen u ručnu pripremu materijala.

#### 4. RAZVOJ ALGORITAMSKE KOMPOZICIJE

U ovom ću se poglavlju osvrnuti na razvoj algoritamske kompozicije prema sustavu *težak rad* koji sam objasnio u uvodu, jer stvaranje po sustavu *genijalnosti* nije prikladno za praktičnu raspravu nego se više temelji na filozofskoj osnovi.

##### 4.1. Kategorije i modeli algoritamskih kompozicija

Nema sveprimjenjive metode prema kojom bismo različite kompozicijske algoritme mogli svrstati u kategorije. Jedan od načina je da promatranje algoritma dok sudjeluje u nekom kompozicijskom procesu. Rezultat procesa često se može podijeliti na:

- 1) glazbu koju je skladalo računalo,
- 2) glazbu skladanu uz pomoć kompjutera.

Možemo reći da je računalo skladalo onda kada algoritam sam može birati tijekom kreativnog procesa.

Drugi način svrstavanja kompozicijskih algoritama u kategorije jest proučavanje rezultata njihovih kompozicijskih procesa.

Algoritmi mogu:

- 1) dati/pružiti partituru za instrumente, ili
- 2) sami proizvesti zvuk.

Postoje algoritmi koji i koriste i proizvode i partituru i zvuk.

Međutim, najčešći način kategoriziranja kompozicijskih algoritama je prema strukturi i načinu procesuiranja glazbenih podataka. Prema Bruceu L. Jacobsu jedna od najdetaljnijih podjela se sastoji od 6 preklapajućih modela:

- a) matematički modeli,
- b) sustavi temeljeni na znanju,
- c) gramatički modeli,
- d) evolucionarne metode,
- e) sustavi koji uče,
- f) hibridni sustavi. Pojasnit ćemo.

##### a) Matematički modeli

Matematički se modeli temelje na matematičkim jednadžbama i različitim slučajnim



načinima. Najčešći način sastavljanja kompozicije pomoću matematike je stohastički proces. U stohastičkom je modelu, dio skladane glazbe je rezultat nedeterminističkih metoda. Skladatelj samo djelomično kontrolira proces skladanja odvajajući mogućnosti različitih načina. Dobar primjer stohastičkih algoritama su *Markovljevi lanci* (kasnije ćemo ih objasniti kroz posebno poglavlje). Stohastički se algoritmi često koriste s drugim algoritmima u različitim procesima donošenja odluka. Pod matematičke modele svrstavamo i fraktale koje se od 1970. godine proučava kao modele za algoritamsku kompoziciju.

*b) Sustavi temeljeni na znanju*

Jedan od načina stvaranja kompozicija je izoliranje estetičkog koda muzičkog žanra i njegova uporaba u stvaranju novih sličnih kompozicija. Ti su sustavi utemeljeni na prethodno definiranim argumentima koje koristimo kako bismo stvorili nova djela istog stila ili žanra. To se obično postiže skupom testova ili pravila koja se trebaju ispuniti, da bi kompozicija uspjela. Primjerice, izradba kompozicija u stilu J. S. Bacha.

*c) Gramatički modeli*

Glazba se može promatrati i kao jezik koji ima svoju gramatiku. Gramatika je termin posuđen iz lingvističke teorije koji označava formalni sustav načela i pravila po kojima se stvaraju sve moguće rečenice jezika. Kod stvaranja kompozicije najprije sastavimo muzičku gramatiku, koju onda koristimo kako bismo stvorili razumljivo muzičko djelo. Gramatički modeli često uključuju pravila makrorazine skladanja, npr. harmoniju i ritam, radije nego pojedinačne note.

*d) Evolucionarne metode*

Evolucionarne se metode skladanja glazbe temelje na generičkim modelima. Kompozicija se gradi evolucionarnim procesima. Mutacijom i prirodnom selekcijom, različita se rješenja razvijaju u prikladno muzičko djelo. Ponavljajućim radnjama algoritama izbacuju se loša rješenja i stvaraju nova od onih koji su preživjeli proces. Rezultat procesa nadgledaju kritičari, a vitalni dio algoritma kontrolira kvalitetu stvorene kompozicije.

*e) Sustavi koji uče*

Sustavi koji uče su programi kojima nije unaprijed dano znanje žanra glazbe koja se koristi. Umjesto toga, oni skupljaju samostalno skupljaju materijal za učenje koji kao primjer unosi skladatelj. Materijal se tada obrađuje u djelo slično zadanom materijalu. Ova metoda je čvrsto vezana s kognitivnom znanosti i proučavanjem neuralnih mreža.

*f) Hibridni sustavi*

Programi koji se temelje na jednom algoritmu rijetko uspijevaju u stvaranju estetički zadovoljavajućih rezultata. Zbog tog se razloga, često zajedno koriste algoritmi različitih tipova

kako bi se dobile prednosti, smanjili nedostaci pojedinih algoritama. Stvaranje hibridnih sustava stvorilo je mnogo potpuno novih načina za izgradnju kompozicije algoritmičkim načinom.

#### **4.2. Razvoj motiva u algoritamskoj kompoziciji**

Skladatelj pomoću računala i programa organizira i manipulira materijalom na razini motiva. Tako je razvoj motiva sastavni (neizostavni) dio stvorene glazbe. Unutarnji prikaz usmjeren prema motivu nameće strukturu impliciranu na proces skladanja: dopušta jednostavno manipuliranje materijalom tako da dobivene motivske varijacije nisu ni nevažne, ni neprepoznatljive.

Svaki motiv sadrži sljedeće:

- listu visina tonova, gdje su moguće vrijednosti 1, 2, 3, 4, 5 itd;
- odgovarajuću listu ritmova i artikulacija,
- podatke o tonalitetu; da li je tonalitet dur, mol ili nekakva druga ljestvica,
- podatke o pravom trenutku prestajanja prethodnog motiva (*tajming*),
- podatci o ulozi; koji instrument.

Izabrani obrazac potiče transformaciju. Transpozicija se jednostavno svodi na mijenjanje osnovnog tona ili dodavanje istog broja svakom članu liste visina tonova. Promjena ritma je isto tako jednostavna. Dijeljenjem elemenata liste ritmova sa 2 pretvara svaku četvrtinku u osminku, svaku osminku u šesnaestinku itd. Slično, promjenom brojeva u listi artikulacije čini da legato fraza zvuči manje legato.

Budući da sustav počinje s malim brojem definiranih motiva, dobivene će se kompozicije potpuno sastojati od blisko povezanih motiva. Svaka fraza sadrži sebi slične komponente i sve fraze koje se temelje na motivima su povezane jedna s drugom. Sastavni su motivi povezani transformacijom i veze se protežu od očiglednih, kao što su *echo* ili *transpozicija*, do vrlo suptilnih.

#### **4.3. Razvoj teme u algoritamskim kompozicijama**

Originalni skladatelj gradi fraze jednu po jednu, melodiju ili motiv. Počinje sa skupom, tj. sa zametnim podacima motiva (svaki motiv je jedna jednostavna melodija) i stvara njihove varijacije. Skladatelj zatim uzima transformirane melodije, niže ih i slaže slojevito jednu na drugu kako bi stvorio veće polifone fraze. Tipovi transformacija uključuju:

- transpoziciju

- inverziju ili retrogradna inverzija
- promjenu ritma
- dodjeljivanje brojeva tonskim visinama - množeći ih stalnom konstantom, tj. ako je melodija C, D, E, F, D u C-duru, postaje D, F, A, C, F  
(ako je konstanta 2.0 tada 1, 2, 3, 4, 2 postaje 2, 4, 6, 8, 4)
- zamjene podskupa za cijeli skup: C, D, E, F, D postaje D, E, F
- ponavljanje (repeticija), tj. D, E, F postaje D, E, F, D, E, F....
- bilo koja kombinacija gore navedenih

Fokusiranjem na pojedinačne motive, dojam tematskog razvoja gotovo je sastavni dio materijala koji nastaje. Teme se često varira i ponavlja i budući da su sve teme nastale od istih malih skupova sjemenih motiva, često slične jedna drugoj. U usporedbi s čovjekom originalni kompozicijski modul u kompozicijskim algoritmima je prejednostavan.

Poteškoću predstavlja razvijanje individualne teme. Računalu nije problem doslovno ponavljati melodiju nekoliko puta, ali ljudsko uho želi više. Varijacija na motive se najčešće razvija u nove motive, ne u stare. Estetiku se želi svesti na algoritam, što je pretjerano nastojanje.

#### 4.4. Razvoj kompozicije

Pokušajmo objasniti nastanak jedne algoritamske kompozicije koja pokušava modelirati etiku kreativnosti *težak rad*. Koristit ćemo nekakve opće upute koje koriste gotovo svi programi i sustavi. Sustav je dizajniran da reproducira vrlo kreativne procese koje autor koristi kad sklada glazbu, što je vrlo slično pisanju kanona, osim što varijacije na temu ne moraju biti izomorfizmi. Ljudski kreativni proces omogućava smisliti nove teme kod god su potrebne ili tražene. Kreativnost je teško definirati, a kamoli programirati u računalo, pa sustav ne pokušava stvarati teme nego samo stvara varijacije na postojećem materijalu.

Teme mogu biti i varijacije varijacija, a krajnji se rezultat često ne može razlikovati od stvaranja novih, jedva povezanih tematskih materijala.

Sustavi uglavnom rade na razini motiva što pojednostavljuje stvaranje glazbe. Mnogo je lakše stvarati strukturu u djelu kada se radi na višoj razini, nego kada se radi na razini nota.

Najčešći kompozicijski algoritmi:

1. definiraj broj primarnih tema (motiva) koje će se koristiti u kompoziciji
2. komponiraj fraze kreiranjem motiva i njihovim dodavanjem samoj frazi - jedan po jedan, (pri svakom koraku ocijeni kvalitetu fraze koja nastaje i ukloni zadnji motiv, ako je kombinacija neprikladna)
3. stvori motive nasumičnim biranjem iz primarnih tema i motiva koji su već u frazi i

stvaranjem varijacija na izabrano

4. kada nastane velik broj fraza, spoji ih zajedno u veće okvire
5. napravi višeglasje i provedi gornje navedene postupke kroz sve glasove.

Primarne komponente kompozicije su moduli *skladatelj* i *uho*. *Skladatelj* proizvodi materijal, a *uho* vrši odabir. Ta je paradigma, stvaratelj – konzument, vrlo popularna u sustavima muzičkog skladanja. Jedna strana proizvodi glazbu, a druga ju konzumira i ocjenjuje, što utječe na buduću proizvodnju stvaratelja. Neki softveri imaju i takvu mogućnost unutar samog programa pa računalo samo filtrira ono što je loše.

## 5. RAČUNALO KAO GLAVNI IZVOR ALGORITAMSKE KOMPOZICIJE

Kao što smo već spomenuli u kronološkom presjeku, algoritamska kompozicija svoj puni procvat doživjela je pojavom računala.

### 5.1. Software

Kako bi algoritamska kompozicija nastala uz pomoć računala potrebno je koristiti *software*. *Software* je sučelje ili program koji sadrži parametre i naredbe određenoj svrsi, u ovom slučaju za stvaranje algoritamske kompozicije. Tim parametrima možemo obraditi prvo motiv, zatim temu a na kraju i cijelu kompoziciju. Možemo ju preslušavati istovremeno uz rad. Spomenimo neke od parametara: loop, patterns, transpose, scale, arpeggiator, velocity, volume/pan i mnogi drugi. Kasnije ćemo ih spomenuti u praktičnom dijelu. Spomenimo neke od softwera koji se koriste u današnje vrijeme za algoritamsku kompoziciju:

- Camus,
- Fractmus,
- Harmony seeker,
- The Koan suite,
- Nyquist,
- Vox populi,
- Music Sketcher,
- Tangent,
- Texture,
- Fractal composer,
- Gingerbread i drugi.

Upravo ćemo potonja dva koristiti u praktičnom dijelu: *Fractal composer i Gingerbread*. Spomenimo još i niz parametara za sustav mogućih vrijednosti, a to je *Markovljev lanac*.

#### *Markovljev lanac*

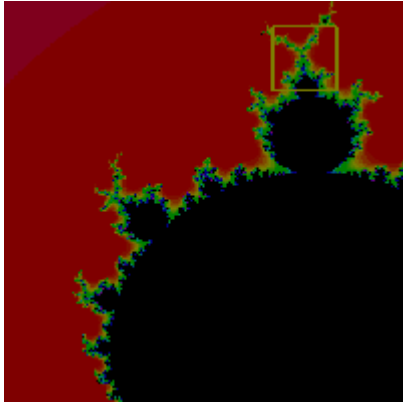
*Markovljev lanac* je matematički model parametara vjerojatnosti gdje vjerojatnost onoga koji slijedi ovisi o jednom ili više koji su protekli. Broj proteklih parametara koji su uzeti za razmišljanje, pa iz njih izvlačimo one koji slijede, smatramo kao jedan lanac. Novonastali parametri postaju temelj za nastajanje onih koji slijede iza njih i tako u nedogled. Markovljev lanac pripada skupini parametara nastalih stohastičkom procedurom.

#### *Loop ili iteracija*

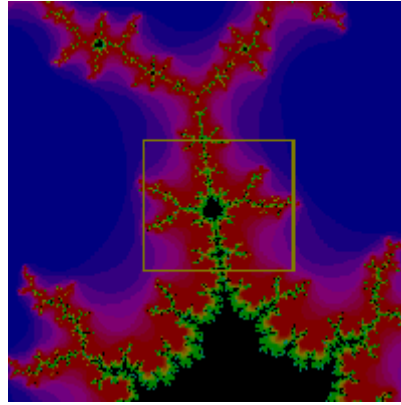
Vratimo se još malo na određeni parametar a to je *loop*. Loop se naziva još i *iteracija*. *Iteracije su neprestana ponavljanja istoga obrasca*. Parametar nije usko vezan samo uz glazbu nego i uz ostale znanstvene discipline kao, primjerice, matematiku. Iteracije smo spomenuli iz razloga što nam slijedeće poglavlje pojašnjava jednu neobično zanimljivu pojavu koja nastaje upravo iteracijama a to su *fraktali*.

## **5.2. Fraktali**

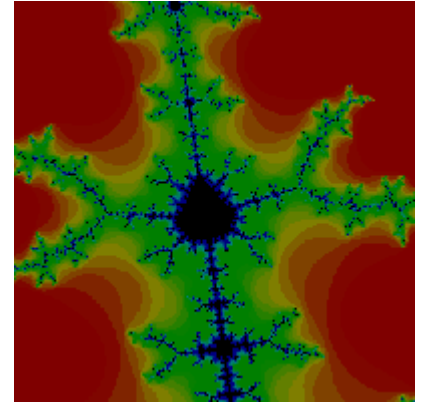
Algoritamske kompozicije nastale determinističkim procedurama, u ovom slučaju iteracijama, pripadaju sferi fraktalne glazbe. Kada bi algoritamsku kompoziciju nastalu iteracijama pretvorili u sliku, izgledala bi otprilike kao slike koje slijede. Svaka je sljedeća od triju prikazanih slika nastala povećanjem malog djelića prethodne slike (Slika 4; 5; 6.):



Slika 4.



Slika 5.



Slika 6.

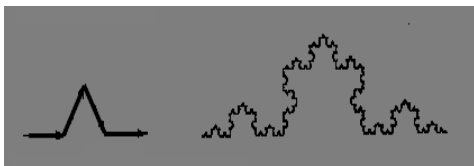
*Fraktali su, dakle, slike nastale ponovljenim matematičkim računom ili geometrijskom konstrukcijom.*

Na slici 7. dolje može se vidjeti kako nastaje Kochova krivulja ili krivulja snježne pahuljice. Ravnu crtu zadane duljine podijelite na tri dijela, srednji dio zamijenite dvjema jednakim dužinama, koje će, jedna s drugom, zatvarati kut od  $60^\circ$ . Isti postupak ponovite još jednom, pa još jednom, i tako dalje, u nedogled.

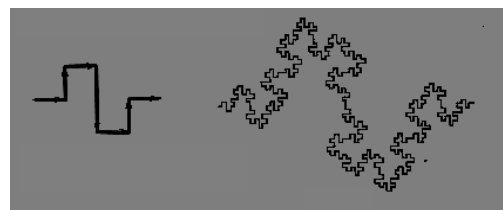


Slika 7

Evo još nekoliko primjera fraktalne projekcije:



Slika 8.

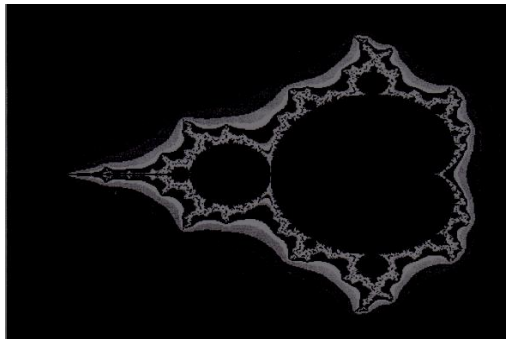


Slika 9.

### *Mandelbrotov skup*

Jedan od najpoznatijih fraktala koje koristimo u glazbi zove se *Mandelbrotov skup*. Mandelbrotov skup je skup točaka  $c$  kompleksne ravnine za koje je Julijin skup (u užem smislu) povezan. Dobio je ime po francusko-američkom matematičaru Benoitu Mandelbrotu. U Julijin skup, kao što je već rečeno, može se uvrstiti bilo koji kompleksni broj  $c$ . Ovisno o tom broju, Julijin skup može biti povezan ili nepovezan. Ako na kompleksnoj ravnini označimo sve

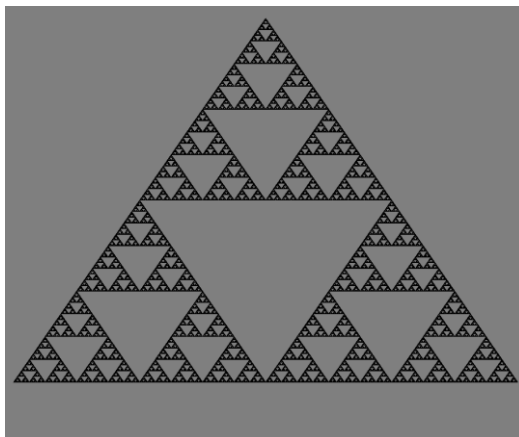
brojeve  $c$  pomoću kojih se dobiva povezan Julijin skup, definirali smo Mandelbrotov skup. Mandelbrotov se skup može prikazati na isti način na koji se najčešće prikazuje Julijin skup – bojeći točke koje pripadaju skupu u crno, a ostale u raznim nijansama ovisno o tome koliko brzo divergiraju.



Slika 10. Mandelbrotov skup

### *Sierpinski trokut*

Drugi fraktal među najpoznatijima je *Sierpinski trokut*. Naziv je dobio po Poljskom matematičaru Waclawu Franciszku Sierpińskom. Taj se objekt gradi postupnim dodavanjem preslika svoga strukturalnog obrasca u sve manjem mjerilu promatranja. Pravi, ortodoksni matematički fraktal *Sierpinski trokuta* i *piramide* nastavlja bi se u beskonačnost tako što bi se u njegovu sadržaju, bez obzira na uvećanje, kontinuirano uočavale sve manje sebi slične strukture istoga obrasca:



Slika 11. *Sierpinski trokut*

## DRUGI DIO

### 1. DEFINICIJA AI I GLAZBENE PRODUKCIJE

#### 1.1 Definicija Umjetne inteligencije

AI (artificial intelligence) ili UI (umjetna inteligencija) opisuje područje računalne znanosti koje se bavi razvojem inteligentnih alata (strojeva, aparata, aplikacija) koje reagiraju i uče kao ljudi. U ovo područje ulaze i pojmovi poput machine learning (strojno učenje) i IOT (internet of things). Tehnološki dizajn AI sustava, između ostalog, uključuje razumijevanje i analizu jezika, govora, slike, prema čemu sustav uči kako reagirati, planirati ili rješavati određene zadatke.

Umjetna inteligencija (UI) je interdisciplinarno područje istraživanja koje se bavi stvaranjem računalnih sistema koji imaju sposobnosti, odnosno karakteristiku ljudskog razmišljanja. Poput učenja, razumijevanja, planiranja, razumijevanja prirodnog jezika i prepoznavanja objekata.

UI se temelji na ideji da se ljudski intelekt može modelirati i simulirati na računalu. To zahtijeva integraciju različitih disciplina, kao što su računarstvo, psihologija, filozofija, neuroznanost i lingvistika.

Jedno od glavnih područja UI-a je strojno učenje. Ono se bavi stvaranjem računalnih modela koji mogu automatski učiti iz podataka i na osnovu njih donositi zaključke. Druga važna područja su strojno razumijevanje jezika, računalna percepcija i robotika.

UI je postala sve prisutnija u svakodnevnom životu, od virtualnih asistenata na pametnim telefonima do automatiziranog rada u tvornicama. Očekuje se kako će u budućnosti UI imati još veći utjecaj na društvo i ekonomiju, zbog čega se ova disciplina smatra jednom od ključnih tehnologija 21. stoljeća.

#### 1.2 Definicija Glazbene produkcije

**Produkcija glazbe** je proces pripreme, zapisivanja i tonsko-tehničke obrade nekog glazbenog djela. Uglavnom, produkcija glazbe obuhvaća sve korake koji omogućuju da glazbeno djelo bude spremno za izvođenje ili distribuciju, uključujući snimanje, miksiranje, mastering i ostale tehničke aspekte. To uključuje stvaranje i proizvodnju glazbe, odnosno snimanje i uređivanje glazbe za glazbenike. Glazbeni producent je osoba koja nadgleda ovaj proces, a može se podijeliti na izvršnog producenta (koji nadgleda financije projekta) i



glazbenog producenta (koji nadgleda kreaciju glazbe) .

*"Glazbena produkcija obuhvaća cijeli proces stvaranja pjesme, dok su miks i mastering jedne od faza u cjelokupnom procesu produkcije. Iako ista osoba može obavljati sve te zadatke, specijalizacija u jednom području može rezultirati boljim krajnjim rezultatom. U Hrvatskoj se glazbeni producent često poistovjećuje s miksom i masteringom vjerojatno zbog manjka specijaliziranih stručnjaka i manjeg budžeta za glazbene projekte, pa producenti odrade i miks i mastering, što je na svjetskoj sceni zapravo rijetkost." (Hrvoje Domazet)*

## **2. POVIJEST RAZVOJA AI**

### **2.1 Povijest razvoja AI tehnologija u glazbenoj industriji**

Razvoj umjetne inteligencije započeo je kao koncept u drugoj polovici 20. stoljeća, a ideja o stvaranju strojeva s sposobnošću razmišljanja bila je potaknuta radom engleskog matematičara i računalnog teoretičara Alana Turinga. Turing je postavio temelje s pitanjem: "Mogu li strojevi misliti" Ovaj koncept nastavljen je kroz godine istraživanja i eksperimentiranja, s prvim formalnim korištenjem termina "umjetna inteligencija" na Dartmouth sveučilištu 1956. godine.

Kroz povijest, ograničenja tehnologije sprječavala su potpuni razvoj AI-a, no s napretkom kvantnih računala i dubinskog učenja (eng. deep learning), koji koristi složene neuronske mreže za prepoznavanje obrazaca u velikim skupovima podataka, danas smo dosegli izvanredne mogućnosti.

U članku Rockwella Anyohaje istražuje se povijest i razvoj umjetne inteligencije (AI) od početnih ideja u znanstvenoj fantastici do današnjih napredaka i budućih perspektiva. Ključna figura u ranim razmatranjima AI bio je Alan Turing, čiji je rad iz 1950. godine postavio temelje za istraživanje inteligentnih strojeva.

Unatoč Turingovim idejama, 1950-ih su ograničenja računalne tehnologije i visoki troškovi usporavali napredak. Prva važna prekretnica bila je Dartmouth konferencija 1956. godine, koja je okupila vrhunske istraživače i formalizirala polje AI. Razdoblje od 1957. do 1974. donijelo je značajne napretke, ali i prepreke poput nedostatka računalne snage, što je usporilo istraživanje.

AI je doživjela ponovni procvat u 1980-ima s uvođenjem novih algoritama i povećanim financiranjem, iako mnogi ambiciozni ciljevi nisu postignuti. Tijekom 1990-ih i 2000-ih, postignuti su važni ciljevi poput IBM-ovog Deep Blue i softvera za prepoznavanje govora, što je učinilo AI ključnom tehnologijom u eri "velikih podataka".

*"Umjetna inteligencija nije samo alat za analizu podataka, već novi partner u kreativnom procesu glazbene produkcije." – David Cope*

## **2.2 Pioniri i ključni trenutci u razvoju AI – kronološki pregled**

**1943**

Warren McCulloch i Walter Pitts predlažu model umjetnih neurona u svom radu "Logički račun ideja imanentnih živčanosti", koji postavlja temelje za umjetne neuronske mreže.

**1950**

Alan Turing objavljuje "Computing Machinery and Intelligence", koji predlaže Turingov test kao način mjerenja sposobnosti stroja da pokaže inteligentno ponašanje jednako ljudskom.

**1956**

John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester i Claude Shannon organiziraju konferenciju u Dartmouthu, koja označava rođenje umjetne inteligencije kao polja proučavanja.

**1957**

Frank Rosenblatt predstavlja Perceptron, vrstu umjetne neuronske mreže koja može učiti iz ulaznih podataka.

**1966**

ELIZA, program za obradu prirodnog jezika koji emulira razgovor, razvio je Joseph Weizenbaum.

**1969**

Allen Newell i Herbert Simon razvili su General Problem Solver (GPS), rani primjer UI sustava za planiranje.

**1974**

Prva komercijalna primjena umjetne inteligencije, sustav R1, koristi se za dijagnosticiranje i liječenje infekcija krvi.

**1985**

Ekspertni sustav MYCIN, koji koristi pravila i logiku za postavljanje medicinskih dijagnoza, pokazuje da nadmašuje ljudske stručnjake u određenim slučajevima.

**1997**

IBM-ov Deep Blue pobjeđuje svjetskog šahovskog prvaka Garryja Kasparova u meču, označavajući prvi put da računalo pobjeđuje ljudskog svjetskog prvaka u šahovskom meču.

**2011**

IBM-ov Watson pobjeđuje dva bivša prvaka u kvizu Jeopardy!, demonstrirajući sposobnost umjetne inteligencije da razumije prirodni jezik i izvede složeno zaključivanje.

## **2012**

Googleov DeepMind razvija sustav dubokog učenja koji može naučiti prepoznavati objekte na slikama, nadmašujući prijašnje najsuvremenije sustave za prepoznavanje slika.

## **2016**

AlphaGo, sustav dubokog učenja koji je razvio DeepMind, pobjeđuje svjetskog prvaka u igri Go i to u nizu mečeva, demonstrirajući sposobnost UI-a da svlada složene strateške igre.

## **2018**

OpenAI razvija GPT-2, sustav za obradu prirodnog jezika koji može generirati tekst sličan ljudskom, što izaziva zabrinutost zbog mogućnosti UI da širi dezinformacije.

## **2021**

GPT-3, napredniji sustav za obradu prirodnog jezika, izdao je OpenAI, što je izazvalo dodatnu etičku zabrinutost o potencijalnom utjecaju umjetne inteligencije na društvo.

### **2.3 Povijest AI u glazbenoj produkciji**

Umjetna inteligencija (AI) je postala nezaobilazan faktor u stvaranju glazbe, pružajući nove mogućnosti i izazove umjetničkom svijetu. Počevši od eksperimentalnih početaka s radovima poput Leonarda Isaacsonove skladbe "Illiac Suite" iz 1956. godine, gdje je računalo generiralo nasumične brojeve za ritam i glasnoću, do ranih sustava poput onog Ray Kurzweila iz 1965. koji su koristili uzorke kompozicija za stvaranje novih skladbi, AI je pokazala svoj potencijal u glazbenoj kreativnosti.

Danas, AI ima sve veću ulogu u svim fazama glazbene produkcije, od komponiranja i aranžiranja do miksanja i masteringa pjesama. Korištenjem algoritama treniranih na bazama podataka postojeće glazbe, AI može reproducirati i čak poboljšati različite glazbene stilove i žanrove. Ovo olakšava proces stvaranja profesionalne glazbe i omogućava umjetnicima da istraže nove ideje i eksperimentiraju s različitim zvukovima.

Google i Universal Music u partnerstvu razvijaju AI glazbeni alat - GeeK.hr.

## **3. METODE I PRIMJENA AI U GLAZBENOJ PRODUKCIJI**

Razvijeno je nekoliko glazbenih softverskih programa koji koriste AI za proizvodnju glazbe. Kao i kod njegove primjene u drugim područjima, A.I. u ovom slučaju također simulira mentalne zadatke. Istaknuta značajka je sposobnost algoritma umjetne inteligencije da uči na temelju dobivenih informacija kao što je tehnologija računalne glazbene pratnje, koja je sposobna slušati i slijediti ljudskog izvođača kako bi mogla nastupati sinkronizirano. Umjetna

inteligencija također pokreće takozvanu tehnologiju interaktivne kompozicije, pri čemu računalo sklada glazbu kao odgovor na izvedbu živog glazbenika. Postoji još nekoliko A.I. aplikacija za glazbu koje ne pokrivaju samo glazbenu kompoziciju, produkciju i izvedbu, već i način na koji se glazba prodaje i konzumira. Osim programa koji koriste AI za proizvodnju glazbe, razvijeno je nekoliko programa za reprodukciju glazbe koji koriste tehnologiju prepoznavanja glasa i obrade jezika za upravljanje glasom .

Strojno učenje pogađa s čak 97% točnosti koja će pjesma postati hit - Istraživanja @ Bug.hr

Učenje je definirano kao proces kojim ljudsko biće ili stroj povećava svoje znanje i poboljšava svoje vještine. U istraživanjima umjetne inteligencije, učenje se razlikuje od planiranja jer planiranje uključuje odabir specifičnih zadataka i izradu strategija za rješavanje tih zadataka.

Pomoću učenja moguće je razviti programske sustave koji mogu izvoditi, komponirati i razumjeti glazbu. Neki programski sustavi koriste učenje na primjer, Gelernterov G-eler, uz pomoć kojeg bi programirao vlastite glazbene postavke. Osim što su napravili korake prema rješavanju problema stvaranja i interpretacije glazbe, istraživači su započeli s razvojem glazbenih programa koristeći formalnu metodologiju učenja.

### 3.1 Metode generiranje glazbe pomoću AI

Generiranje glazbe pomoću umjetne inteligencije (AI) postaje sve popularnije zbog svoje sposobnosti da stvori originalnu glazbu ili da pomogne glazbenicima u procesu komponiranja. Evo nekoliko primjera kako se to radi:

**Generativni modeli:** Generativni modeli poput rekurentnih neuronskih mreža (RNN), LSTM (dugačka kratkoročna memorija) ili GAN-ova (generativni suparnički mrežni modeli) mogu se koristiti za generiranje glazbe. Ti modeli mogu naučiti obrasce u glazbi i zatim generirati nove glazbene kompozicije koje slijede te obrasce.

**Strojno učenje:** Algoritmi strojnog učenja mogu se koristiti za analizu velike količine glazbenih podataka kako bi se naučili uzorci i stilovi različitih glazbenih žanrova. Nakon toga, AI može generirati nove glazbene kompozicije koje odražavaju te stilove.

**Interaktivni alati:** Postoje interaktivni alati koji omogućuju korisnicima da surađuju s AI-om u stvaranju glazbe. Ti alati mogu omogućiti korisnicima da postavljaju određene parametre poput žanra, tempa ili raspoloženja, a zatim AI generira glazbu prema tim parametrima.

**Prilagodba glazbe:** AI se također može koristiti za prilagodbu postojeće glazbe prema potrebama korisnika. To može uključivati prilagodbu tempa, instrumentacije ili drugih

elemenata glazbe kako bi bolje odgovarali određenom projektu ili kontekstu.

**Suradnja s umjetnicima:** Mnoge platforme omogućuju suradnju između umjetnika i AI-a. Umjetnici mogu koristiti AI kao alat za inspiraciju ili kao pomoć u procesu komponiranja, što rezultira originalnim glazbenim djelima koja kombiniraju ljudsku kreativnost s moćima AI-a.

### **Alati i softveri**

Postoje razni alati i softveri koji koriste umjetnu inteligenciju (AI) za stvaranje, obradu i komponiranje glazbe. Evo nekoliko primjera:

**Amper Music:** Amper Music je platforma koja koristi AI za generiranje glazbe prilagođene potrebama korisnika. Korisnici mogu odabrati žanr, raspoloženje, tempo i duljinu pjesme, a AI će generirati glazbu prema tim parametrima.

**AIVA (Artificial Intelligence Virtual Artist):** AIVA je AI softver koji može komponirati glazbu u različitim žanrovima i stilovima. Koristi se u filmskoj industriji, video igrama i drugim područjima gdje je potrebna originalna glazba.

**Google Magenta:** Magenta je Googleov istraživački projekt koji istražuje primjenu AI u glazbi i umjetnosti. Magenta ima razne alate za generiranje glazbe, obradu zvuka i stvaranje glazbenih aplikacija.

**IBM Watson Beat:** Watson Beat je alat koji koristi IBM-ovu tehnologiju Watson za generiranje glazbe. Korisnici mogu interaktivno surađivati s Watson Beatom kako bi stvorili glazbu prilagođenu njihovim potrebama.

**Jukedeck:** Jukedeck je platforma koja koristi AI za stvaranje prilagođene glazbe za video sadržaj. Korisnici mogu odabrati žanr, tempo i raspoloženje glazbe, a AI će generirati glazbu koja se uklapa u njihov sadržaj.

Ovi alati i softveri pokazuju samo nekoliko primjera kako se AI koristi za stvaranje, obradu i komponiranje glazbe, a s vremenom će se vjerojatno pojaviti još više inovacija u ovoj oblasti.

## **3.2 Primjena AI u Različitim Aspektima Glazbene Produkcije**

### *Glazbeni sastav*

AI algoritmi, kao što je OpenAI-jev MuseNet, mogu stvoriti originalnu glazbu analizirajući uzorke i stilove iz postojeće glazbe. To pomaže glazbenicima u stvaranju novih ideja ili stvaranju pozadinskih zapisa za različite svrhe.

### *Automatsko označavanje*

To je proces automatskog dodjeljivanja relevantnih metapodataka ili oznaka glazbenom djelu, što može poboljšati mogućnost pretraživanja, organizaciju i preporuke.

### *Glazbena preporuka*

AI algoritmi, kao što je OpenAI-jev MuseNet, mogu stvoriti originalnu glazbu analizirajući uzorke i stilove iz postojeće glazbe. To pomaže glazbenicima u stvaranju novih ideja ili stvaranju pozadinskih zapisa za različite svrhe.

### *Otkrivanje autorskih prava*

AI može identificirati glazbeni sadržaj zaštićen autorskim pravima, pomažući platformama u provedbi licencnih ugovora i osiguravanju plaćanja izvođačima.

### *Glazbena kategorizacija*

Automatsko označavanje može pomoći u klasificiranju glazbenih zapisa na temelju žanra, raspoloženja, tempa, tonaliteta i drugih atributa, što slušateljima olakšava pretraživanje i otkrivanje nove glazbe.

### *Stvaranje popisa za reprodukciju*

Analizirajući i kategorizirajući glazbu s automatskim označavanjem, usluge strujanja mogu automatski generirati popise za reprodukciju koji zadovoljavaju preferencije korisnika ili određene teme, kao što su popisi za reprodukciju za vježbanje ili popise za učenje.

### *Licenciranje glazbe*

Glazbene biblioteke i platforme za licenciranje mogu koristiti automatsko označavanje kako bi organizirali svoj katalog i olakšali klijentima pronalaženje prave pjesme za svoje projekte, kao što su reklame, filmovi ili video igre.

Umjetna inteligencija (AI) ima sve veći utjecaj na glazbenu produkciju i stvaranje glazbe. Evo nekoliko zanimljivih informacija o tome kako se AI koristi u ovom području:

## **3.3 Automatizacija komponiranja glazbe i stvaranje glazbenih tema pomoću AI-a**

### ***Generiranje Pjesama i Melodija:***

- AI alati za generiranje pjesama omogućuju stvaranje originalnih melodija, akorda i tekstova pjesama. Ovi programi koriste umjetnu inteligenciju za stvaranje glazbe na temelju ulaznih parametara i podataka o uvježbavanju. Neki su dizajnirani za oponašanje određenih glazbenih stilova, dok su drugi fleksibilniji i mogu generirati širok raspon glazbenih stilova<sup>1</sup>.
- Primjer takvog alata je LANDR, web-bazirana usluga audio masteringa koja koristi strojno učenje i umjetnu inteligenciju za poboljšanje kvalitete zvuka. LANDR također omogućuje suradnju između producenata i umjetnika te distribuciju pjesama na platforme za streaming<sup>1</sup>.

### ***Uređivanje Zvuka:***

- AI alati za uređivanje zvuka pomažu u postprodukciji glazbe. Na primjer, LANDR također nudi automatizirani proces masteringa, koji analizira i poboljšava audio datoteke koristeći algoritme i ljudsko iskustvo<sup>2</sup>.
- Drugi alati, poput Opišite studijski zvuk, Razdjelnik i Sonible smart: EQ 3, također koriste AI za poboljšanje zvuka i optimizaciju audio datoteka<sup>2</sup>.

### ***Glazbeni Generatori:***

- AI generira nevjerojatne melodije i pomaže glazbenicima u kreativnom procesu. Ovi generatori koriste umjetnu inteligenciju za stvaranje originalnih pjesama, a neki od njih mogu oponašati različite glazbene stilove<sup>1</sup>.
- SplashPro je jedan od takvih alata koji koristi generativnu umjetnu inteligenciju za stvaranje tekstualnih prijedloga u cijele pjesme<sup>3</sup>.

Kombinacija ovih pristupa omogućuje AI-u da automatski komponira glazbu i stvara teme koje mogu biti inspirativne i kvalitetne. Ova tehnologija otvara nove mogućnosti za glazbenike i producente te potiče kreativnost u glazbenom stvaralaštvu.

*"S AI, način na koji stvaramo, proizvodimo i čak slušamo glazbu se mijenja. To je revolucija koja transformira cijelu glazbenu industriju." – Imogen Heap*

## **3.4 Korištenje umjetne inteligencije (AI) u produkciji i miksiranju zvuka**

Evo nekoliko načina na koje se AI može primijeniti u ovim područjima:

- **Obrada zvuka:** AI algoritmi mogu se koristiti za automatsko prepoznavanje i uklanjanje neželjenih šumova, pucketanja, šištanja ili ostalih artefakata u audio zapisima. Također, AI može analizirati zvukove i primijeniti odgovarajuće efekte ili procese obrade kako bi poboljšao kvalitetu zvuka.
- **Balansiranje miksa:** AI može analizirati audio snimke i automatski prilagoditi razinu glasnoće i prostorni raspored pojedinih elemenata u miksu kako bi postigao uravnotežen zvuk. Također, AI može prepoznati konflikte između instrumenata i izvršiti automatske prilagodbe kako bi se postigla jasnija i bolje uravnotežena mješavina.
- **Mastering:** AI algoritmi mogu analizirati audio zapis i automatski primijeniti odgovarajuće procese masteringa kako bi optimizirali zvuk za reprodukciju na različitim medijima i sustavima reprodukcije. To može uključivati prilagodbu dinamike, EQ-a, kompresije i drugih parametara kako bi se postigao profesionalni zvuk.

- **Predlošci i preporuke:** AI može generirati predloške za miksanje i mastering na temelju analize velike količine glazbenih zapisa. Ovi predlošci mogu poslužiti kao polazna točka ili inspiracija za inženjere zvuka prilikom rada na svojim projektima.
- **Personalizirane postavke:** AI algoritmi mogu naučiti preferencije inženjera zvuka ili umjetnika te automatski primijeniti personalizirane postavke obrade zvuka, balansiranja miksa i masteringa prema njihovim željama.

Korištenje AI-a u produkciji i miksiranju zvuka može ubrzati procese, poboljšati kvalitetu zvuka i olakšati rad inženjerima zvuka i glazbenicima. Međutim, važno je imati na umu da AI alati trebaju biti korišteni s razumijevanjem i umijećem kako bi se postigao najbolji rezultat.

### 3.5 Korištenje umjetne inteligencije (AI) u analizi glazbe

AI alati za analizu glazbe mogu pružiti korisne informacije o uzorcima, žanrovima i raspoloženju prisutnom u glazbenim djelima. Evo nekoliko primjera kako se AI koristi u ovoj svrsi:

- **Analiza spektra i obrada signala:** AI algoritmi mogu analizirati spektar zvuka i obraditi audio signale kako bi identificirali karakteristike poput tonaliteta, harmonijske strukture, ritma i dinamike. Ovi podaci mogu pomoći u prepoznavanju glazbenih uzoraka i žanrova.
- **Klasifikacija žanrova:** AI može klasificirati glazbene zapise u različite žanrove na temelju karakteristika poput ritma, instrumentacije, harmonijske strukture i tempa. Algoritmi strojnog učenja mogu biti trenirani na velikim bazama podataka žanrovski označene glazbe kako bi naučili prepoznavati obrasce povezane s određenim žanrovima.
- **Prepoznavanje raspoloženja:** AI može analizirati glazbene elemente poput tonaliteta, tempo-a, dinamike i teksture kako bi procijenio raspoloženje ili emocije koje glazba izražava. Algoritmi mogu biti trenirani za prepoznavanje različitih raspoloženja poput sreće, tuge, uzbuđenja ili opuštenosti.
- **Analiza teksta:** AI alati mogu analizirati tekstualne elemente glazbe poput teksta pjesama kako bi pružili dodatne informacije o temama, emocijama ili stilovima koji se izražavaju u glazbi. Ovi podaci mogu se kombinirati s analizom glazbenih elemenata kako bi se dobio sveobuhvatan uvid u glazbeno djelo.
- **Personalizirane preporuke:** Na temelju analize glazbenih preferencija korisnika, AI alati mogu predlagati glazbene zapise koji odgovaraju njihovim interesima, željenim



žanrovima ili raspoloženju. Ovi sustavi preporuka koriste podatke o ponašanju korisnika i analizu glazbe kako bi pružili personalizirane preporuke.

Korištenje AI-a za analizu glazbe omogućuje brzu i učinkovitu obradu velikih količina glazbenih podataka te pruža korisne uvide koji mogu biti korisni glazbenicima, producentima, streaming platformama i ljubiteljima glazbe.

Svakodnevno smo okruženi glazbom koja dolazi u različitim oblicima, žanrovima i raspoloženjima. AI alati za analizu glazbe omogućuju nam da dublje razumijemo ovu glazbenu raznolikost putem automatiziranih procesa obrade i interpretacije glazbenih podataka. Evo detaljnijeg pogleda na kako AI alati rade u analizi glazbe:

- **Obrada signala i ekstrakcija značajki:** Osnovni korak u analizi glazbe je obrada signala, gdje se audio zapis razbija na manje segmente kako bi se analizirale njegove karakteristike. AI algoritmi mogu izvući različite značajke iz ovih segmenata, kao što su spektrogrami (vizualna reprezentacija frekvencijskog sadržaja), tempo, ritam, tonalitet i dinamika.
- **Strojno učenje i klasifikacija:** Nakon obrade signala i ekstrakcije značajki, AI algoritmi koriste te podatke za treniranje modela strojnog učenja. Ti modeli mogu biti klasifikatori koji su obučeni za prepoznavanje različitih glazbenih žanrova, emocija ili raspoloženja na temelju ekstrahiranih značajki. Na primjer, model bi mogao naučiti da poveže određeni raspon frekvencija s određenim žanrovima ili emocijama.
- **Duboko učenje i kompleksnije analize:** Uz strojno učenje, duboko učenje omogućuje složenije analize glazbe. Duboki modeli mogu naučiti složenije obrasce u glazbi koji nisu uvijek očiti ljudskom uhu ili tradicionalnim metodama analize. Na primjer, moguće je koristiti duboko učenje za generiranje automatskih transkripcija glazbe, prepoznavanje glazbenih motiva ili čak stvaranje novih glazbenih kompozicija.
- **Analiza konteksta:** AI alati mogu također analizirati kontekst u kojem se glazba koristi ili sluša. Na primjer, algoritmi mogu uzeti u obzir kontekstualne informacije kao što su tekst pjesme, povijest slušanja korisnika, ili čak fiziološke reakcije kako bi bolje razumjeli kako glazba utječe na ljude i njihove emocije.
- **Primjene u glazbenoj industriji:** AI analiza glazbe ima mnoge primjene u glazbenoj industriji. To uključuje automatsko označavanje i kategorizaciju glazbenih zapisa u glazbenim bazama podataka, personalizirane preporuke glazbe na streaming platformama, poboljšanje procesa miksiranja i masteringa, otkrivanje plagijata i još mnogo toga.

## 4. UTJECAJ AI NA GLAZBENU INDUSTRIJU

### 4.1 Prednosti

**Efikasnost:** AI alati mogu ubrzati procese u glazbenoj produkciji, kao što su obrada zvuka, miksanje, mastering i analiza glazbenih podataka. To može rezultirati uštedom vremena i resursa.

**Kvaliteta:** AI algoritmi mogu pružiti visokokvalitetne rezultate u različitim aspektima glazbene produkcije. Na primjer, AI može automatski eliminirati neželjene šumove, optimizirati balans miksa ili poboljšati kvalitetu zvuka tijekom procesa masteringa.

**Inovacija:** Korištenje AI-a omogućuje glazbenicima i producentima da istraže nove ideje i eksperimentiraju s različitim glazbenim pristupima. AI može potaknuti kreativnost i donijeti nove perspektive u proces stvaranja glazbe.

**Personalizacija:** AI alati mogu pružiti personalizirana iskustva za glazbenike i slušatelje. Na primjer, AI može preporučiti glazbu koja odgovara individualnim preferencijama ili čak generirati glazbu prilagođenu raspoloženju ili situaciji korisnika.

**Skalabilnost:** AI algoritmi mogu obraditi velike količine glazbenih podataka i pružiti analize na skali koja bi bila neizvediva ljudskom radnom snagom. To omogućuje glazbenoj industriji da učinkovito upravlja ogromnom količinom glazbe i podataka.

### 4.2 Izazovi

**Gubitak ljudske kreativnosti:** Iako AI može biti moćan alat u procesu glazbene produkcije, postoji zabrinutost da bi pretjerana upotreba AI-a mogla dovesti do gubitka ljudske kreativnosti i individualnosti u glazbi.

**Kvalitet i autentičnost:** Unatoč napretku u tehnologiji, AI još uvijek može imati ograničenja u stvaranju glazbe koja je jednako kvalitetna i autentična kao i ona stvorena ljudskom rukom. Ovo pitanje postaje posebno važno u kontekstu umjetničkog izražavanja i originalnosti.

**Etička pitanja:** Postoji niz etičkih pitanja koja se tiču korištenja AI-a u glazbenoj produkciji, uključujući privatnost podataka, pravednost algoritama i mogućnost zloupotrebe tehnologije.

**Potreba za obukom:** Korištenje AI alata zahtijeva od korisnika da steknu odgovarajuće vještine i znanje o korištenju tih alata. To može predstavljati izazov za neke glazbenike i producente koji nisu upoznati s tehnološkim aspektima AI-a.

**Cijena i pristupačnost:** Napredni AI alati često su skupi za razvoj i implementaciju, što može otežati pristup manjim glazbenicima i nezavisnim producentima. To može stvoriti nejednakosti u industriji.

Uprkos izazovima, korištenje AI-a u glazbenoj produkciji može donijeti brojne koristi.

Međutim, važno je balansirati upotrebu AI-a s ljudskom kreativnošću i razumjeti njegove granice i potencijalne implikacije.

Razmotrimo nekoliko negativnih aspekata korištenja umjetne inteligencije (AI) u glazbenoj produkciji:

- **Gubitak ljudske kreativnosti:** Pretjerano oslanjanje na AI alate može dovesti do gubitka ljudske kreativnosti u procesu stvaranja glazbe. Umjetnost je često povezana s osobnim izrazom, emocijama i iskustvom, što može biti teško replicirati pomoću algoritama.
- **Generički rezultati:** AI algoritmi mogu proizvesti glazbu koja zvuči generički ili šablonski jer se temelji na obrascima naučenim iz velikih baza podataka glazbe. To može dovesti do nedostatka originalnosti i jedinstvenosti u glazbi.
- **Smanjenje zapošljavanja u industriji:** Automatizacija procesa glazbene produkcije pomoću AI može dovesti do smanjenja potrebe za ljudskom radnom snagom, posebno u područjima kao što su miksanje i mastering. To može rezultirati smanjenjem radnih mjesta u glazbenoj industriji.
- **Ovisnost o tehnologiji:** Ovisnost o AI alatima može dovesti do nedostatka raznolikosti i inovacije u glazbenoj produkciji. Glazbenici i producenti mogu postati previše oslanjajući se na tehnologiju umjesto da razvijaju vlastite vještine i eksperimentiraju s novim idejama.
- **Etička pitanja:** Postoji niz etičkih pitanja koja se tiču korištenja AI-a u glazbenoj produkciji, uključujući privatnost podataka, pravednost algoritama i mogućnost zloupotrebe tehnologije. Na primjer, pitanje je li prikladno koristiti AI za stvaranje glazbe koja je namijenjena da se predstavi kao djelo ljudskog autora.
- **Kvalitetna kontrola:** Iako AI algoritmi mogu pružiti brze rezultate, ponekad kvaliteta tih rezultata može biti upitna. Neispravno trenirani ili neprecizni algoritmi mogu proizvesti glazbu koja nije visokokvalitetna ili zadovoljavajuća.
- **Prilagodba tržištu:** Umjetna inteligencija može potaknuti trendove u glazbenoj industriji koji se temelje na analizi podataka o potrošačima, što može rezultirati prilagodbom glazbe prema komercijalnim preferencijama umjesto prema umjetničkim vrijednostima.

Iako AI može donijeti mnoge koristi u glazbenoj produkciji, važno je uzeti u obzir i ove negativne aspekte kako bi se osiguralo uravnoteženo i odgovorno korištenje te tehnologije.

### 4.3 Utjecaj na glazbenike, producente i slušatelje

Utjecaj umjetne inteligencije (AI) na glazbenike, producente i slušatelje može biti značajan i raznolik, s nizom pozitivnih i negativnih aspekata. Evo kako AI može utjecati na svaku od tih skupina.

#### **GLAZBENICI**

##### **Pozitivni utjecaji:**

- **Inspiracija i potpora:** AI alati mogu poslužiti kao inspiracija glazbenicima, pružajući im nove ideje i perspektive koje mogu integrirati u svoje stvaralaštvo.
- **Poboljšana produktivnost:** Automatizacija procesa pomoću AI može povećati produktivnost glazbenika, omogućujući im da brže i efikasnije rade na svojim projektima.
- **Prilagođena podrška:** AI može pružiti personaliziranu podršku glazbenicima, poput generiranja pratnje za njihovu glazbu ili prilagođenih preporuka za razvoj njihovog stila.

##### **Negativni utjecaji:**

- **Gubitak autentičnosti:** Pretjerano oslanjanje na AI alate može dovesti do gubitka autentičnosti u glazbenom izričaju glazbenika, jer se generirana glazba može percipirati kao manje originalna ili osobna.
- **Smanjenje potražnje za vještinama:** Ako se AI alati koriste za automatizaciju složenih procesa poput komponiranja ili izvođenja glazbe, to može rezultirati smanjenjem potražnje za vještinama tradicionalno povezanim s glazbenicima.

*"Integracija AI u glazbenoj produkciji može dovesti do demokratizacije stvaranja glazbe, omogućujući svakome s računalom stvaranje visokokvalitetne glazbe." – Alex da Kid*

#### **PRODUCENTI**

##### **Pozitivni utjecaji:**

- **Efikasnost u procesu produkcije:** AI alati mogu poboljšati efikasnost u procesu produkcije, omogućujući producentima da brže i preciznije rade na miksanju, masteringu i ostalim aspektima glazbene produkcije.
- **Poboljšanje kvalitete zvuka:** AI algoritmi mogu pružiti napredne alate za obradu zvuka i analizu, što rezultira visokokvalitetnim zvukom i profesionalnim rezultatima.

##### **Negativni utjecaji:**

- **Smanjenje potražnje za ručnim radom:** Automatizacija procesa može dovesti do smanjenja potražnje za ručnim radom i ljudskim sudjelovanjem u procesu produkcije, što može utjecati na zapošljavanje u industriji.

- **Ovisnost o tehnologiji:** Pretjerana ovisnost o AI alatima može dovesti do gubitka vještina i kreativnosti producenata, kao i smanjenja raznolikosti u glazbenoj produkciji.

## **SLUŠATELJI**

### **Pozitivni utjecaji:**

- **Personalizirano iskustvo:** AI alati mogu pružiti personalizirano glazbeno iskustvo slušateljima, prilagođavajući preporuke glazbe njihovim individualnim preferencijama i raspoloženju.
- **Širi pristup glazbi:** AI tehnologija može omogućiti širi pristup glazbi putem algoritamskih preporuka, što slušateljima omogućuje otkrivanje novih umjetnika i žanrova.

### **Negativni utjecaji:**

- **Gubitak ljudske interakcije:** Prekomjerna automatizacija i personalizacija mogu dovesti do gubitka ljudske interakcije u glazbenom otkriću i preporukama, smanjujući socijalni aspekt dijeljenja glazbe s drugima.
- **Upravljanje podacima o korisnicima:** Korištenje AI-a za personalizirane preporuke može rezultirati prikupljanjem velike količine podataka o korisnicima, što može izazvati zabrinutost u vezi s privatnošću i sigurnošću podataka.

U konačnici, utjecaj AI-a na glazbenike, producente i slušatelje ovisi o načinu na koji se te tehnologije primjenjuju i upotrebljavaju u glazbenoj industriji. Važno je razumjeti kako koristiti AI na odgovoran način kako bi se postigla ravnoteža između tehnoloških inovacija i očuvanja ljudske kreativnosti i autentičnosti.

## **4.4 Etička pitanja vezana uz korištenje AI u stvaranju glazbe**

Korištenje umjetne inteligencije (AI) u stvaranju glazbe postavlja niz važnih etičkih pitanja koja treba pažljivo razmotriti. Evo nekoliko ključnih etičkih aspekata:

- **Autentičnost i originalnost:** Kada AI generira glazbu, postavlja se pitanje autentičnosti i originalnosti takvog glazbenog djela. Je li generirana glazba zaista umjetničko djelo? Kako se određuje autorsko pravo na takva djela, posebno ako su stvorena pomoću algoritama?
- **Pravednost algoritama:** Algoritmi koji se koriste za generiranje glazbe mogu biti podložni pristranosti ili nepravednom tretmanu, što može rezultirati nepoštenim ili diskriminirajućim rezultatima. Kako osigurati da algoritmi ne reproduciraju postojeće predrasude ili diskriminaciju u glazbi?

- **Odgovornost u stvaranju glazbe:** Tko je odgovoran za glazbu koja je generirana pomoću AI-a? Je li to autor algoritma, korisnik koji je odabrao generiranu glazbu ili sam AI? Kako se određuju autorska prava i odgovornost za takva glazbena djela?
- **Privatnost podataka:** AI algoritmi često koriste velike količine podataka za treniranje i poboljšanje njihove performanse. Kako osigurati privatnost podataka korisnika koji se koriste za treniranje AI modela, posebno ako su ti podaci osjetljivi ili privatni?
- **Manipulacija emocijama:** Generirana glazba može imati snažan utjecaj na emocije slušatelja. Kako osigurati da AI ne manipulira emocijama ili ne iskorištava osjetljive emocije slušatelja u marketinške svrhe?
- **Zloupotreba tehnologije:** Postoji mogućnost zloupotrebe AI-a u stvaranju glazbe, kao što su plagijati, falsifikati ili čak generiranje glazbe koja je namijenjena za manipulaciju ili širenje lažnih informacija. Kako spriječiti zloupotrebu tehnologije u ovom kontekstu?
- **Utjecaj na glazbenu industriju:** Kako korištenje AI-a utječe na radna mjesta u glazbenoj industriji? Hoće li automatizacija procesa dovesti do smanjenja potražnje za ljudskom radnom snagom u područjima kao što su komponiranje, miksiranje ili mastering?

Rješavanje ovih etičkih pitanja zahtijeva suradnju između glazbenika, tehnoloških stručnjaka, zakonodavaca i etičkih stručnjaka kako bi se osiguralo odgovorno i etičko korištenje AI-a u stvaranju glazbe. Potrebno je uspostaviti smjernice i regulative koje će osigurati transparentnost, odgovornost i poštovanje etičkih principa u ovom području.

## 5. PRIMJERI STVARANJA I MASTERIZIRANJA GLAZBE

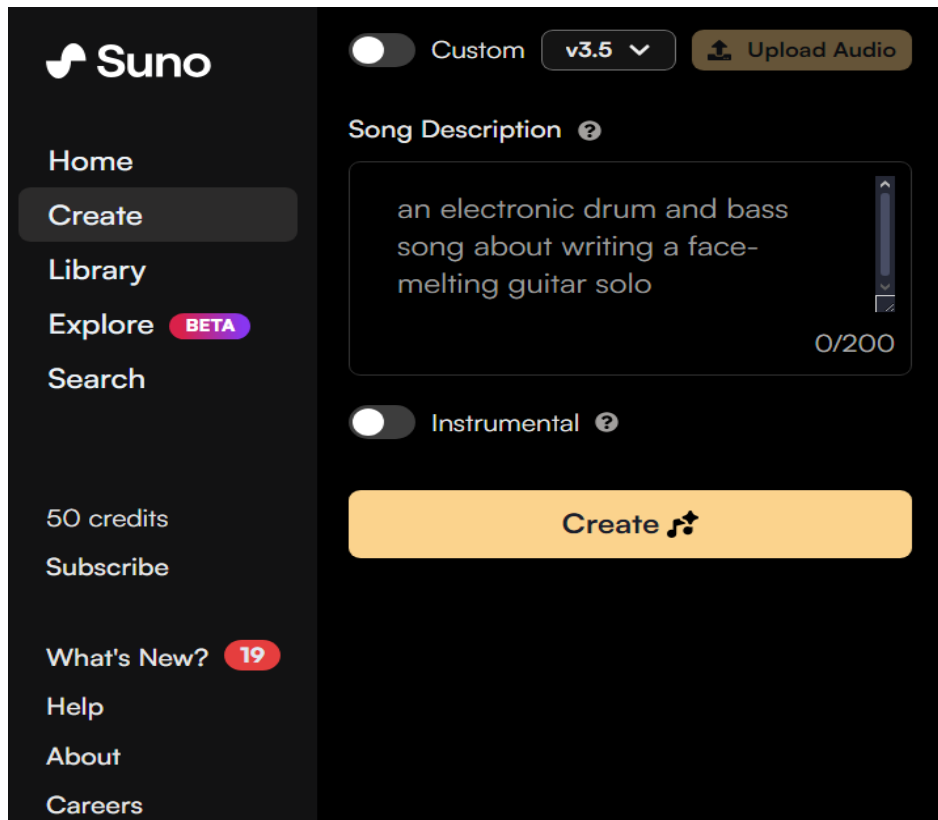
*"AI alati mogu unaprijediti kreativni proces nudeći nove načine komponiranja, proizvodnje i izvođenja glazbe, čineći ga neprocjenjivim za moderne glazbenike." – Taryn Southern*

### 5.1 Korištenje Suno.ai, AI alata za skladanje muzike

Suno.AI je alat koji koristi umjetnu inteligenciju kako bi pretvorio govor u tekst. Evo nekoliko koraka kako ga možete koristiti:

- **Pristupite Suno.AI platformi:** Prvo što trebate učiniti je pristupiti platformi Suno.AI. To može biti putem web preglednika na računalu ili putem mobilne aplikacije ako je dostupna.

- b) **Registracija ili prijava:** Ako već nemate korisnički račun, trebat ćete se registrirati. Ako već imate račun, prijavite se.
- c) **Postavljanje jezika i preferencija:** Provjerite jezik i postavke prepoznavanja govora na svojem računu kako biste bili sigurni da su podešeni prema vašim preferencijama.
- d) **Korištenje funkcije pretvaranja govora u tekst:** Kada ste prijavljeni, pronađite ili pokrenite opciju "pretvori govor u tekst" ili nešto slično na sučelju platforme. Obično će to biti gumb ili ikona koja vam omogućuje snimanje vašeg glasa.
- e) **Govorite u mikrofون:** Kada pokrenete funkciju pretvaranja govora u tekst, počnite govoriti u mikrofون svog uređaja. Budite jasni i izražavajte se razgovijetno kako bi Suno.AI mogao preciznije prepoznati i pretvoriti vaše riječi u tekst.
- f) **Pregled i uređivanje:** Nakon što završite s govorom, Suno.AI će pretvoriti vaše riječi u tekst. Pregledajte tekst kako biste provjerili jesu li sve riječi ispravno prepoznate. Ako primijetite greške ili nedostatke, možete ih ručno urediti.
- g) **Spremanje ili dijeljenje:** Kada ste zadovoljni s tekstom, možete ga spremiti na svom uređaju ili ga podijeliti s drugima putem e-pošte, poruke ili društvenih mreža, ovisno o opcijama koje platforma nudi.



Slika.12. Sučelje programa za stvaranje glazbe Suno

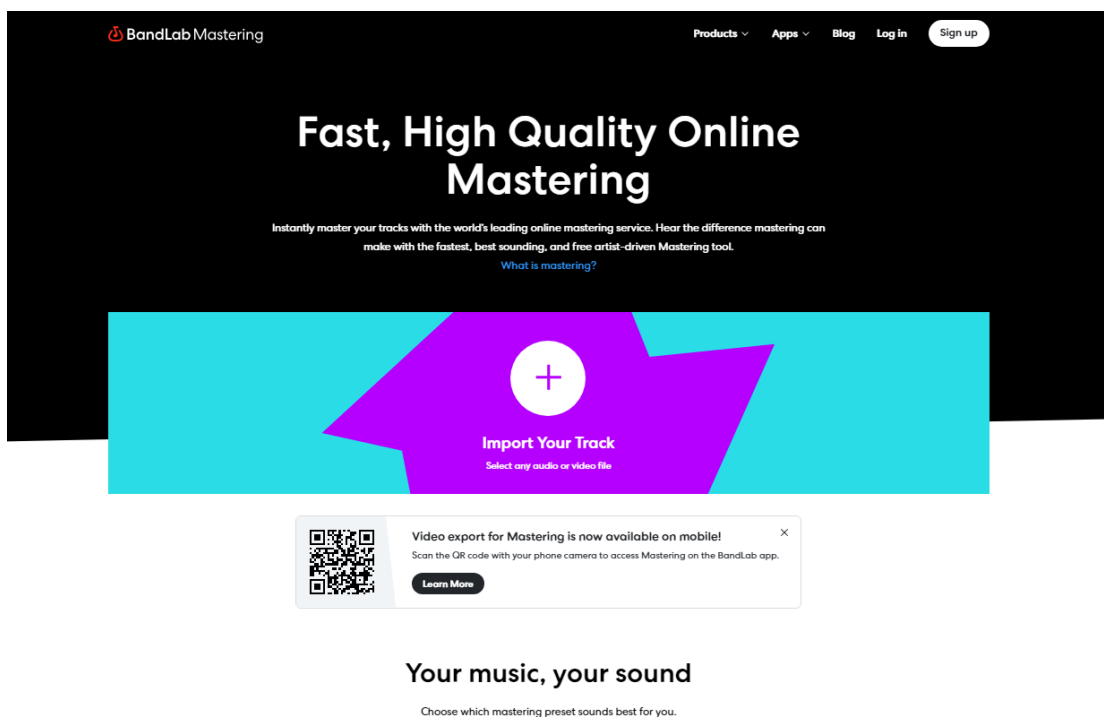
## Proces stvaranja pjesme u Suno.ai on-line software-skom sučelju:

Kako bi Suno AI radio, program traži unošenje zadanih parametara od kojih on sklopi novu kompoziciju. Htio sam da mi napravi nešto po uzoru na starije pjesme finskog symphonic metal benda Nightwish. Zbog problema oko autorskih prava i licenciranja, program ne dozvoljava korištenje imena bendova, ali umjesto toga mu se napiše da komponira pjesmu u žanru simfonijski metal. Napravio sam jednu takvu s folk elementima i u prilogu je. Moguće je uraditi instrumentale, a može se praviti i vokalno-instrumentalne pjesme prema tekstualnom inputu koji upišemo u kućicu za tekst pjesme. Nakon svega toga, program vrti nule i jedinice i pomoću baza semplova i podataka, stvara novu pjesmu. Ta se pjesma može besplatno skinuti na računalo i distribuirati na različitim platformama.

U prilogu broj 1. nalazi se pjesma generirana na suno.ai on-line sučelju.

## 5.2 Band Lab Mastering- program za masteriziranje

BandLab Mastering je alat koji vam omogućuje poboljšanje kvalitete zvuka vaše glazbe kroz proces zvan "mastering". Mastering je posljednji korak u produkciji glazbe prije nego što se ona objavi i distribuira. Cilj mu je optimizirati zvuk za slušanje na različitim uređajima i platformama, kao što su streaming servisi, CD-i ili vinili.



Slika 13. Sučelje programa za masteriranje glazbe na BandLab webstranici



## **Procesi snimanja, miksanja i masteriziranja covera pjesme *Simply the best* Tine turner**

### **Snimanje:**

Odabir pjesme

Priprema opreme

Određivanje tempa

Uštímavanje instrumenata

Snimanje bubnjeva preko vst instrumenta Addictive Drums 2

Snimanje bas gitare kroz simulaciju pojačala

Snimanje električnih gitara kroz amp sim

Akustične gitare

Klavijature

Priprema matrice za snimanje vokala

Snimanje glavnog vokala

Overdu

### **Slijedi miksanje:**

Poslušati suhe trake

Poravnati tajming elemenata koji se razilaze

Uređivanje traka, rezanje šumova i tišine u vokala i živih instrumenata

Gain staging

Hi pass filter na 100Hz na sve osim bas bubnja i bas gitare

EQ i kompresija

Re amping gitara i basa

Miksanje klavijatura i zvučnih efekata

Osnovna vokalna produkcija,eq, kompresor i pitch korekcija

Završni touch prije masteringa

Limiter i tape simulation plugin na master busu

Printanje mixa na stereo traku u wave i mp3 formatu

### **Zatim Mastering:**

Postupci obrade zvuka u BandLab Mastering alatu na web stranici:

- a) **Prijavite se ili registrirajte:** Prvo što trebate učiniti je prijaviti se na BandLab platformu ili, ako nemate račun, registrirati se.
- b) **Učitajte svoju glazbu:** Nakon što ste prijavljeni, učitajte svoju glazbu na platformu. To možete učiniti putem opcije za učitavanje datoteka ili povezivanjem sa svojim projektom ako ste već stvorili glazbu unutar BandLab-a.

- c) **Pristupite alatu za mastering:** Kada je vaša glazba učitana, pronađite opciju za mastering. U BandLabu, to obično možete pronaći kao dio njihovih audio alata ili efekata.
- d) **Prilagodite postavke:** BandLab Mastering obično nudi različite postavke i opcije za prilagodbu zvuka. Možete odabrati žanr glazbe kako bi alat prilagodio postavke prema tome, ili ručno prilagoditi parametre poput glasnoće, ekvilajzera, kompresije i drugih efekata.
- e) **Pregledajte rezultate:** Kada ste zadovoljni postavkama, pokrenite proces masteringa. Nakon završetka, moći ćete pregledati rezultate i čuti kako vaša glazba zvuči nakon obrade.
- f) **Prilagodite prema potrebi:** Ako niste potpuno zadovoljni rezultatima, možete prilagoditi postavke i ponovno pokrenuti proces masteringa sve dok ne postignete željeni zvuk.
- g) **Spremite ili podijelite:** Kada ste zadovoljni konačnim rezultatom, spremite svoju glazbu s primijenjenim masteringom i podijelite je s publikom putem BandLab-a ili drugih platformi za distribuciju glazbe.

U prilogu se nalazi cover pjesme Tine Turner – Simply the best u dvije verzije. Prva verzija je prije obrade masteringa u on-line sučelju web stranice Band Labsoftware-a a druga verzija nakon. Glavni vokal otpjevala je Gordana Kalmar a aranžman i produkciju Domagoj Slivka.

## 6. **BUĐUĆI SMJEROVI AI U GLAZBENOJ PRODUKCIJI - pretpostavka**

Perspektive razvoja AI u glazbenoj industriji su široke i obećavajuće. Očekuje se daljnji napredak u razvoju AI alata za stvaranje, analizu, produkciju i distribuciju glazbe, što će otvoriti nove mogućnosti za glazbene umjetnike, producente i publiku. Međutim, važno je također pažljivo razmatrati etičke i autorske dileme koje mogu proizaći iz korištenja AI u glazbenoj industriji.

AI će vjerojatno nastaviti mijenjati način na koji se glazba stvara, distribuira i konzumira. Nove inovacije i alati omogućit će glazbenicima da istražuju nove horizonte u harmoniji, ritmu i zvuku<sup>3</sup>.

Važno je napomenuti da AI ne zamjenjuje ljudske glazbenike, već ih nadopunjuje i pruža nove mogućnosti.

*"Budućnost glazbene produkcije leži u suradnji između ljudske kreativnosti i umjetne inteligencije, otključavajući neviđene umjetničke mogućnosti." – Arca*

## 6.1 Predviđanja i potencijalni smjerovi budućeg istraživanja AI u glazbi

Budućnost istraživanja umjetne inteligencije (AI) u glazbenoj industriji obećava mnogo inovacija:

- **Napredniji generativni modeli:** Očekuje se daljnji razvoj generativnih modela koji su sposobni stvarati glazbu s većom raznolikošću, autentičnošću i emotivnom složenošću. To bi moglo uključivati modele koji su osjetljiviji na kontekst, kontrole stilova ili čak mogu surađivati s ljudskim glazbenicima u stvaranju glazbenih djela.
- **Dublje razumijevanje glazbenog konteksta:** AI sustavi će vjerojatno postati bolji u razumijevanju konteksta glazbe, uključujući žanrove, povijesne obrasce, glazbene teorije i preferencije publike. To će omogućiti preciznije preporuke glazbe, personalizaciju iskustva slušatelja i razvoj inteligentnijih alata za analizu i produkciju glazbe.
- **Inovacije u interakciji s korisnicima:** Očekuje se da će AI sustavi omogućiti naprednije načine interakcije s korisnicima u kontekstu glazbe. To bi moglo uključivati razvoj glazbenih AI asistenata koji su sposobni razumjeti i odgovarati na glazbene upite, preporučivati glazbu u stvarnom vremenu tijekom slušanja ili čak sudjelovati u glazbenim performansama kao virtualni suradnici.
- **Dublje integracije s glazbenom produkcijom:** AI će vjerojatno imati sve veću ulogu u procesu glazbene produkcije, uključujući snimanje, miksiranje, mastering i postprodukciju. Očekuje se da će se razviti napredniji alati za automatsko poboljšavanje kvalitete zvuka, detekciju grešaka i optimizaciju procesa produkcije.
- **Eksperimentalna glazba i umjetnički izrazi:** AI će vjerojatno potaknuti eksperimentiranje s novim glazbenim oblicima i izražajima koji su teško reproducirati ljudskom rukom. Očekuje se da će umjetnici sve više koristiti AI kao kreativni alat za istraživanje novih zvukova, struktura i estetika.
- **Etika i autorska prava:** S rastućom ulogom AI u glazbenoj industriji, postavlja se pitanje etičnosti i autorskih prava u vezi s glazbenim djelima generiranim ili modificiranim pomoću AI-a. Buduća istraživanja će vjerojatno uključiti razmatranje ovih pitanja i razvoj odgovarajućih politika i regulativa.

Samo neki od mnogih mogućih puteva koje bi istraživanje AI u glazbenoj industriji moglo poduzeti u budućnosti. S obzirom na brz rast tehnologije i njezin utjecaj na glazbu, očekuje se da će AI igrati sve važniju ulogu u različitim aspektima glazbene kreativnosti,

produkcije i distribucije

*"Kako AI postaje sve prisutniji u glazbenoj produkciji, važno je riješiti etička razmatranja kako bi se osiguralo da tehnologija unapređuje, a ne umanjuje ljudsku kreativnost." – Brian Eno*

## **7. ZAKLJUČAK**

Utjecaj umjetne inteligencije (AI) na budućnost glazbene produkcije obećava donijeti brojne inovacije i promjene koje će oblikovati način na koji glazbenici stvaraju, distribuiraju i konzumiraju glazbu. AI će omogućiti glazbenicima da budu kreativniji i produktivniji nego ikada prije. Alati za generiranje glazbe, analizu i produkciju pomoći će im u eksperimentiranju s novim idejama i brzom stvaranju visokokvalitetnih glazbenih djela.

Jedan od najvažnijih aspekata utjecaja AI-a je demokratizacija pristupa glazbenoj produkciji. AI će smanjiti prepreke ulaska u glazbenu industriju, omogućujući ljudima širom svijeta da izraze svoju glazbenu kreativnost bez potrebe za skupom opremom ili stručnim znanjem.

To će potaknuti raznolikost i inkluzivnost u glazbenoj produkciji, čineći je pristupačnijom i raznovrsnijom nego ikada prije.

Također, AI će omogućiti personalizaciju iskustva slušatelja. Streaming platforme će koristiti AI za bolje razumijevanje preferencija i potreba svojih korisnika, pružajući im personalizirano glazbeno iskustvo. Ovo će rezultirati većim zadovoljstvom korisnika i boljom angažiranošću s platformama, što će dodatno potaknuti inovacije u načinu na koji se glazba konzumira.

Nadalje, AI će potaknuti razvoj novih oblika glazbene umjetnosti koji nisu mogući ljudskim rukama. Ovo uključuje eksperimentalnu glazbu, interaktivne performanse i interdisciplinarnе projekte koji kombiniraju glazbu s drugim umjetničkim disciplinama. Ovi novi oblici umjetnosti pružit će svježę i uzbudljive mogućnosti za umjetničko izražavanje i doživljaj glazbe.

Međutim, s mnogim prednostima dolaze i izazovi i dileme. AI u glazbenoj produkciji će također izazvati nove dileme i etička pitanja, uključujući autorska prava, transparentnost, pravednost i utjecaj na ljudske umjetnike i industriju u cjelini. Važno je razmotriti ove aspekte i razviti odgovarajuće politike i regulative kako bi se osiguralo pravedno i održivo korištenje AI u glazbenoj industriji.

U konačnici, AI će biti ključan faktor u transformaciji glazbene produkcije u budućnosti. Ključno je usmjeriti istraživanja i razvoj na načine koji potiču kreativnost, raznolikost i pravednost, kako bi se osiguralo da AI doprinosi pozitivnom razvoju glazbene umjetnosti i industrije. Kroz pažljivo upravljanje i odgovorno korištenje AI-a, možemo osigurati da tehnološki napredak ide ruku pod ruku s etičkim razmatranjima, te da koristi od AI-a budu široko raspodijeljene, stvarajući bogatiju i dinamičniju glazbenu scenu za sve.

## 8. LITERATURA

Evo popisa literature koja se može koristiti za istraživanje utjecaja umjetne inteligencije na budućnost glazbene produkcije:

- "Artificial Intelligence and Music" - edited by Simon Holland, Kirsty Beilharz, and Terence McSweeney (2019)
- "Music and Artificial Intelligence: Second International Conference, ICMAI 2021, Tokyo, Japan, April 22–24, 2021, Proceedings" - edited by Chang-Shing Lee, Chia-Hung Yeh, and Chuan-Yu Chang (2021)
- "Artificial Intelligence in Music: Composition and Sonic Creation" - by David Cope (2019)
- "Machine Learning for Music Discovery" - by François Pachet and Pierre Roy (2017)
- "The Oxford Handbook of Algorithmic Music" - edited by Roger T. Dean (2018)
- "Music and Machine Learning" - edited by Juan Pablo Bello, Emilia Gómez, and Justin Salamon (2017)
- "Computational Creativity in Music: Second International Workshop, CCM 2021, Coimbra, Portugal, September 6–10, 2021, Proceedings" - edited by Pedro Martins, Anders L. Madsen, and Antonio Loureno (2021)
- "Music and Artificial Intelligence: From Physics to Phonology" - by Eduardo R. Miranda (2017)
- "The Routledge Companion to Music, Technology, and Education" - edited by Andrew King, Evangelos Himonides, and S. Alex Ruthmann (2017)
- "Machine Learning for Adaptive Many-Core Machines - A Practical Approach" - by Jan C. F. Schulte (2018)
- Roads, Curtis: *The Computer Music Tutorial*, Cambridge, Massachusetts, 1996.
- Mandelbrot, Benoît: *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman and Co., New York, 1983.

- Miranda, Eduardo Reck: *Composing music with computers*, Focal press, London, 2009.
- Taube, Heinrich: *Notes from the Metalevel*, Univesity of Illinois, IL, USA, 2004.
- Bach, Johann Sebastian: *Die Kunst der Fuge*
- Jacob, Bruce L: *Composing with Genetic Algorithms*, University of Michigan, 2004.
- Jacob, Bruce L: *Algorithmic Composition as a Model of Creativity*, University of Michigan, 2004.

- **Internet**

- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [http://www.ece.umd.edu/~blj/algorithmic\\_composition/algorithmicmodel.html](http://www.ece.umd.edu/~blj/algorithmic_composition/algorithmicmodel.html)
- [http://www.ece.umd.edu/~blj/algorithmic\\_composition/icmc.95.html](http://www.ece.umd.edu/~blj/algorithmic_composition/icmc.95.html)
- <http://ccrma-www.stanford.edu/~blackrse/algorithm.html>
- <http://www.flexatone.net/algoNet/>
- <http://classes.yale.edu/fractals/>
- <http://classes.yale.edu/fractals/Panorama/Music/Ligeti/Ligeti.html>
- <http://homepages.wmich.edu/~jscriven/bridges.2000.pdf>
- <http://www.brotherstechnology.com/math/fractal-music.html>
- <http://solomonsmusic.net/fracmus.html>
- [http://usa-siliconvalley.com/inst/pellionisz/89\\_fractal/89\\_fractal.html](http://usa-siliconvalley.com/inst/pellionisz/89_fractal/89_fractal.html)
- <http://www.sscnet.ucla.edu/geog/gessler/topics/algorithmic-cities.html>