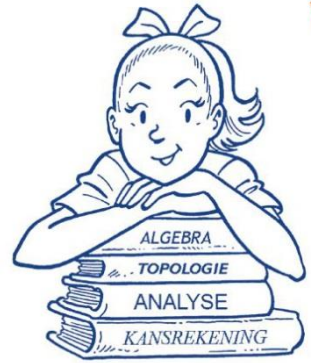


WISKUNNEND WISKE

RODE DRAAD

INTRODUCTIE



Iedereen heeft weleens muziek gehoord die gecomponeerd werd door een computer, meestal zonder dat te beseffen. Onderzoekers op het gebied van artificiële intelligentie (AI) hebben de afgelopen decennia grote vorderingen geboekt met computercreativiteit. Vooral in de muziek bereiken die ontwikkelingen nu de 'echte wereld'. Met AI-programma's zijn albums gemaakt in diverse genres. Dat loopt uiteen van muziek bij films en reclame, tot sfeermuziek in games en apps voor smartphones. Nu is het jouw beurt om aan de slag te gaan!

Voor deze oefening in "algoritmische compositie" wordt een muziekstuk voorgesteld als 3 lijsten/geordende verzamelingen van gelijke lengte n . Deze stellen respectievelijk voor:

m_1 : de toonhoogtes van de eerste melodie (in halve tonen),

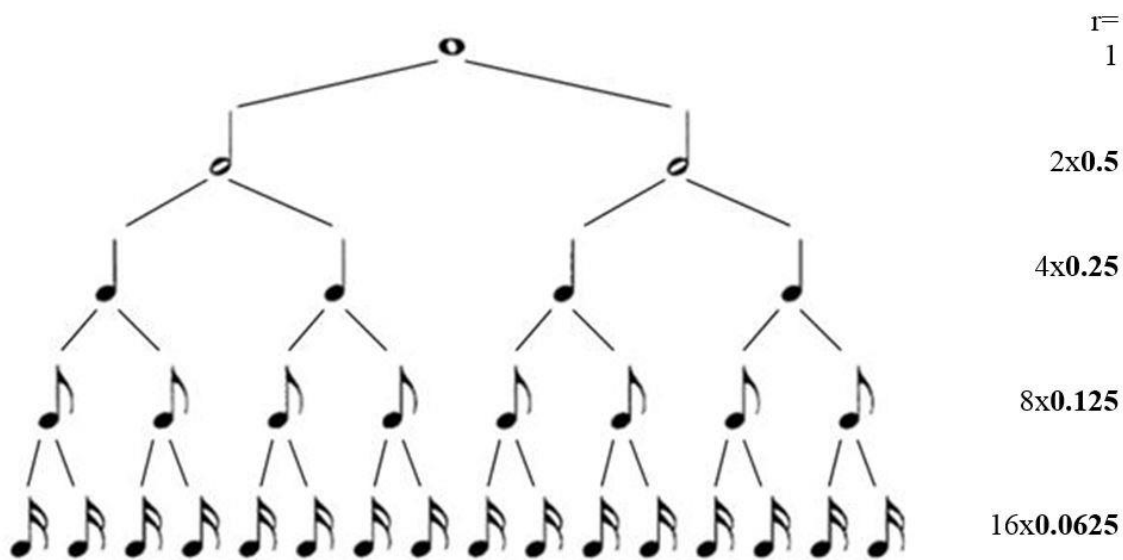
m_2 : de toonhoogtes van de tweede melodie (in halve tonen), en

r : de lengte van alle bovenstaande noten.

Als 0 de "do" voorstelt, stelt 12 de do een octaaf hoger voor. Op een piano zou dit er zo uitzien:



De tijdsduur van noten voor de eerste en tweede melodie zijn steeds gelijk (homoritmisch) en wordt aangegeven door een getal dat de lengte aangeeft, relatief ten opzichte van een "hele noot" ($r_i = 1$, een noot die één maat duurt). Een halve noot (die een halve maat duurt), heeft waarde $r_i = 0.5$ enzovoort.



Doorheen de tekst zullen we volgende notatie gebruiken om te verwijzen naar individuele noten/ lengtes:

- $m_1 = (m_{1,1}, m_{1,2}, m_{1,3}, \dots, m_{1,N})$
- $m_2 = (m_{2,1}, m_{2,2}, m_{2,3}, \dots, m_{2,N})$
- $r = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$

Voorbeeld



$$\begin{aligned}
 m_1 &= (12, 11, 12, 9, 11, 9, 11, 12) \\
 m_2 &= (4, 7, 9, 5, 2, 5, 2, 4) \\
 r &= (0.5, 0.125, 0.125, 0.125, 0.0125, 1, 1, 1)
 \end{aligned}$$

DEEL A

Bepalen van het ritme

Leg de basis van een muziekstuk door verschillende combinaties van ritmes uit te schrijven die voldoen aan volgende voorwaarden:

$$\sum_{i=1}^N r_i = 8$$
$$r_i = \frac{1}{2^{n_i}}, 0 \leq n_i \leq 3$$

DEEL B

Compositie van de eerste melodie m_1

Aan de ritmes uit deel A van de rode draadopdracht gaan we nu een eerste melodie koppelen die voldoet aan de volgende voorwaarden:

Beperking van toonhoogtes tot één octaaf inclusief octaafnoot

$$\forall i: 0 \leq m_{1,i} \leq 12$$

$$\forall i: 0 \leq m_{2,i} \leq 12$$

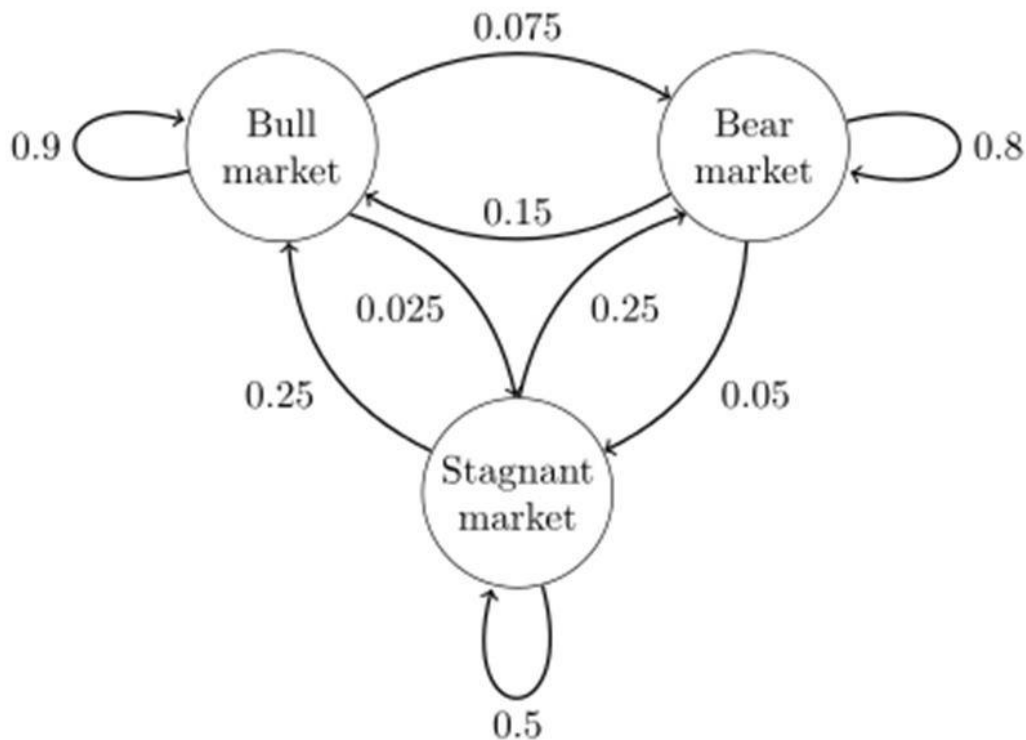
De toonhoogte van de eindnoot moet gelijk zijn aan de eerste noot voor beide melodieën.

Generatie van een melodie aan de hand van een Markov proces

De eerste melodie maken we aan de hand van een Markov proces. Een Markov proces laat toe om oneindig lange lijsten te creëren, waarbij elk element van een lijst een toestand voorstelt.

Laten we dit verder verduidelijken aan de hand van een eenvoudig voorbeeld. Stel dat een economische marktplaats 3 toestanden kan hebben: toestand 1 = "Bull" market, 2 = "Bear" market en 3 = "Stagnant" market. De overgangen tussen deze toestanden, en de kans waarmee dit gebeurt, kan voorgesteld worden

aan de hand van een overgangsdigram. Zo wordt een "Bull" market met 90% kans gevolgd door weer een "Bull" market, 7.5% door een Bear market, en 2.5% een stagnerende markt.



Een Markov proces kan dus voorgesteld worden en volledig gekarakteriseerd aan de hand van enkel de overgangsmatrix P . Deze matrix P bevat de kans van een overgang van de ene naar de volgende toestand. Elke rij bevat de kansen voor een vertrekstate of toestand, elke kolom de kansen voor een aankomst-toestand. Voor het bovenstaande diagram geeft dit dus het volgende. De aankomstrijen zijn *cursief* en in het rood aangegeven. Bv. De kans dat je van een Bear naar Bear market gaat, is 0.8. De kans dat je van Bear naar Stagnant gaat, is 0.05.

$$P = \begin{matrix} & \textit{bull} & \textit{bear} & \textit{stagnant} \\ \begin{matrix} \textit{bull} \\ \textit{bear} \\ \textit{stagnant} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.9 & 0.075 & 0.025 \\ 0.15 & 0.8 & 0.05 \\ 0.25 & 0.25 & 0.5 \end{bmatrix} & \cdot & \begin{matrix} \textit{bull} \\ \textit{bear} \\ \textit{stagnant} \end{matrix} \end{matrix}$$

In ons geval zijn de toestanden toonhoogtes.

De overgangsmatrix P die wij zullen gebruiken voor het genereren van een melodie is:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0			0.3		0.3					0.2			0.2
1	0.5		0.5										
2					0.3	0.3		0.2		0.2		0	0
3					0.5	0.5							
4			0.2		0.2	0.2		0.2		0.2			
5					0.5		0.5						
6						0.2	0	0.8					
7								0.5	0	0.5			
8								0.5		0.5			
9		0.4		0.4									0.2
10										0.5	0	0.5	
11											0.2	0	0.8
12	0.1							0.3		0.3		0.3	
	0.6	0.4	1	0.4	1.8	1.2	0.5	2.5	0	2.4	0.2	0.8	1.2

Opdracht:

Creëer melodie m_1 aan de hand van de bovenstaande overgangsmatrix P die de kansen van overgangen tussen elke 2 toonhoogtes weergeeft (rij=starttoon, kolom=aankomsttoon) in combinatie met r.

Maak een paar melodieën (aantal zelf te kiezen). En neem deze combinaties mee naar de laatste locatie.

Hulpmiddel: "sampling"

Om een volgende toonhoogte met een bepaalde kans te laten plaatsvinden, kan je als volgt te werk gaan.

Stel dat we beginnen met een noot met toonhoogte "0". In dit geval zijn de volgende toonhoogtes mogelijk (gegeven door de eerste rij van bovenstaande matrix P):

30% kans op toonhoogte 2 of 4;

20% kans op toonhoogte 9 of 12.

Manuele sampling

Een eenvoudige manier om de kansen manueel te laten plaatsvinden is aan de hand van papiertjes die getrokken worden.

Scheur een papier in 10 stukjes omdat de kansen tot op 1/10 bepaald zijn.

Je kiest je start toonhoogte.

Je kiest bijvoorbeeld toonhoogte 1 => 5 papiertjes van 'toonhoogte 0' en 5 papiertjes van 'toonhoogte 2'

Schud ze door elkaar en kies een willekeurig papiertje.

Stel je trekt 'toonhoogte 2'. Dan schrijf je nu op 10 papiertjes 3 keer 4, 3 keer 5, 2 keer 7 en 2 keer 9.

Schudden en kies weer een papiertje. Enzovoort

DEEL C

Compositie van de tweede melodie m_2

Aan de ritmes uit deel A en de eerste melodie uit deel B van de rode draadopdracht gaan jullie nu een tweede melodie koppelen die voldoet aan de volgende voorwaarden:

$$\forall i: m_{2,i} < m_{1,i}$$

$$\forall i: m_{1,i} - m_{2,i} \in \{3,4,5,7,8,9\}$$

$$\forall i=1..N-1: |m_{2,j} - m_{2,j+1}| \in \{0,2,3,4,5,7,8,9\}$$

Denk er aan:

$$\forall i: 0 \leq m_{1,i} \leq 12$$

$$\forall i: 0 \leq m_{2,i} \leq 12$$

En de toonhoogte van de eindnoot moet gelijk zijn aan de eerste noot voor beide melodieën.

Dien zo snel mogelijk een definitief muziekstuk in, voorgesteld als 3 lijsten van gelijke lengte n , met m_1 , de toonhoogtes van de eerste melodie, m_2 , de toonhoogtes van de tweede melodie, en r , de lengte van alle bovenstaande noten.