Title: Diffusion Generative Models and potential applications in physics

Speakers: Kirill Neklyudov

Series: Machine Learning Initiative

Date: March 24, 2023 - 11:00 AM

URL: https://pirsa.org/23030113

Abstract: Generative modeling via diffusion processes is already a vast field of literature. In this introduction, I will give an entry point to this field by going over the main concepts and deriving the essential results of the area. Thus, by the end of the talk, we would have a minimal pipeline for implementing the generative model. Furthermore, I will outline several alternative ways for learning such models that the community has developed in recent years. These directions bring novel perspectives and new capabilities of generative modeling.

Zoom link: https://pitp.zoom.us/j/98786491081?pwd=U1cvZzBQT2VUZDI5Ykd0c11qY29aZz09

09:41 Tue 9 Jan			***			ull 🗢 @ 100 % 💼
< 🗅	5	T 🥒 🖌	१००	13 D	Ŷ	+ : 🛛
intro to diffusion 23 Mar 2023, 19:05		YYYY	- 7 -		Y ×	
· · · · · · · ·		S	etup	• • • •		
		· · · · ·				
alata	(samples	),			م) لہ ا	,1)
		• • • • •				
· · · · · · ·	2 G - 2 G - 2					±
		brward		22		  
- fivel	( in t	Le nim able		· · · ·		

09:41	Tue 9 Jan	***	, <b>រៅ ទិ @ 100 % </b>
<	Ċ Ć	〒∅∅◇♀७₽	₽ + : D
•••	· · · · · · · ·		× · · · · · · · · ·
• •		Forward process (	diffusion)
• •	$\frac{1}{2}$	$q_{t}(\mathbf{x}) (\mathbf{k}_{t}(\mathbf{x})) + \frac{\mathbf{\beta}_{t}}{2} \Delta q$	
× •	Pidensity	Pdrift (Fokk	equation )
• •			
	90(K) -> 92t	(⊬)	
• •			
	-lata la	surples)	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
		surpres)	

09:41 Tue 9 Jan	***	····· 후 @ 100 % 💼
< 🖞 🕤	T ∅ ∅ ◊ ♀ ଓ ∅	₽ <u>₽</u> + : <b>□</b>
<u></u> []		
	· · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	have any noise	
the samples	9 t -> S(x). Hower	let, since we add
noise, qt ->	J(0,1).	
• • • • • • • • • •		
	Conditional distribu	etion
Given to~ go	What's q+(x+	(k.) (
In other wor	ds, qo = & (x-xo)	AINO OF(K)
·		
	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	
	~ / ~ / · · · · · · · · · · · · · · · ·	ov · · <u>−</u> · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

09:41 Tue 9 Jan	***		រារៅ 🗢 🖲 100 % 💼
く 白 ら	T	Ŷ	+ : Q
Exercise		Jaz	52).
Now let's que	ess		
	· · · · · · • • • • • • • • • •	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · ·
$q_{t}(\kappa) = \mathcal{N}(\kappa)$	(x. exp(-2 / dr / 1), 1	- exp[-]d	752))
· · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
Exercise Check	that this is in	ndeed	
	a solution	in of Fa	kker-Planck
Now we have	e, for go(x) = S(x - Ko	5	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	ť	<b>.</b>
$q_{+}(\kappa) = \mathcal{N}(\kappa)$	K. exp(-2 digse), 1.	- exp(- ld	2 [52)]

09:41 Tue 9 Jan		***			ul 🗟 🖲	100 %	
< 🖞	5 T 🤌 🎸	> <> <> <> <> <> <> <	5 Ø Q		+	ł	Q
In other		┛ ┓ ┪ ┪		qt (r	۲. ۲.		
We know			(I	$\widehat{\mathcal{O}}$			
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	t= - SK (qt u	+) + Et ?	$S_{KK} q_{+} =$				
	$= -\Im_{\kappa}(q_{\star}(-$	- B+ x))+	Bt Smx	qt.			
	e how the						
	· · · · · · · · · ·						
	Eqt = dk	<b>N</b>					
	R						
	PI d/						

09:41 Tue 9 Jan		•••	411 P (	9 100 % 💼
< 🖒 '	) T 🤌 🖉	> < < < < < < < < < < < < < < < < < < <	₽ +	: 🛛
• • • • • • • •			× · · · · · ·	
For gola)	= p(x) (data	distributi	on), we h	3.Je
· · · · · · · ·	q. (m) = Jdx.	p(x.) k(x1)	K.)	 
· · · · · · ·		Christer and the	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
J(K¶X₀	· Gt, 1- Nt)	(x   k. exp(-:{ ]di	(52), 1-exp(-jar	[57)]
Note th	at we can	easily som	ole from	°(+ (K)
· · · · · · · ·	1. sample	×.~ p(*)		· · · · ·
· · · · · · ·	2. sample	K+~ K(x (x.		а з н н н н н ж

09:41 Tue 9 Jan			•••		<b>!! 🗢 🛞 100 % 💼</b> )
< 🗅	5	T Ø Ø	0 9 3	<i>🔊</i> 9	+ : 🛛
				Y Y × -	
Note	that	we can	easily	somple	400m qt (K)!
	1.	sample	×. ~ p()		
	2.	sample	Kt ~ K(	x (x0)	· · · · · · · · ·
Thus,	we h	ave define	d the	forward	Process
	<u></u>	eversing t	he ditt	usion	
qt =	- (D, ge	ut > + B.	t Dqt =	- ( <del>-</del>	Peq.)
	- /\ a	ú, > ₹ B+	1000	) = · · · ·	

09:41 Tue 9 Jan			•••			<del>হ</del> 🖲 100 %	
< 🗂	Ś	Τ 🥒 🖉	090	Ð	Q	+ :	Q
· · · · · · ·		J <b>Y</b> Y <b>Y</b>		$\mathbf{\nabla}$	 	1 4 4 1 4 4	н н. Коро
For gola	) = p(x)	(data	distri	bution	), we	have	• •
· · · · · · ·	q. (x)	= Jdx.	p(x.) k	(K   K.)			
		 	(x   x. exp		) diadal	$(1\tau - 1)$	n n N n In n
N(x 1)	(o. jt., 1			c 2 Jane Jac	7,1 exP(-	[ac]=2)	) 
Note t	hat w	e can	easily	somple	feor	، .q+ (	к)
		surple					+ + 
	2. 4	sample	K. ~ K	(x (xo)			

09:41 Tue 9 Jan			***		<b>រារl 🗢 🖲 100 % 🥅</b>
< 🗅	5	T Ø Ø	093	ø Q	+ : 🔾
				Y Y × -	ta at da siat a far a da
Note	that	we can	easily	somple	400m q+ (K)!
		sample			• • • • • • • • • • • • • • • • • • •
	2.	sample	Kt ~ K(	x (x.)	
Thus,	we h	ave define	d the	forward	Process!
	<u> </u>	eversing t	he diff	usion	
					Peq.)

09:41	Tue 9 Jan			•••		····· 숙 ⑧ 100 % 🛑
<	₫	5	T 🥒 🖉	0968	D Q	+ : 🗅
			$\neg \neg \neg \lor \lor$	' 🔽 🛡 🛡 🛡	' 😈 🖂 🗧 🗧	
			-U4			
	· · -	- (V g+	0t)	(-21	e continuit	ly eq.)
						7 1
24	1t ~	reaus th	at the	samples e	volve as	
			$\frac{dx}{dt} =$	St+ (x)		
			dt			
			· · · ] · · ·			
K	(+= i)	) = x(t = 0)	) +   dt 15	t(x(t))	be ward int	e quation
						3

09:41 Tue 9 Jan **. II** 🗢 🛞 100 % Ð rd integration K(t=0) = K(t=0)Kence ous 902 100 scare matching Given samples from estima te 9 \$ (x, 0) - Vlog q (x) W Log

09:41	Tue 9 Jan				***							.ul 🗢	① 1	00 %	
<	Ċ	5	T d	9 Ø	$\Diamond$	ତ ୯	š 🔊	ľ	Q			+		-	Q
÷				┦♥	7	<b>Y Y</b>	' <b>Y</b>	Y	×		-	-		Ŧ	
		· · · ·		T											
		$\mathbb{C}$	154 +	H.	$\mathcal{D}$	5)	•								
		= <i>E</i> ( <del>1</del>	11 cla	a) 11°	· · /	0 0	1.	21	> [						
		· - ۴ ۹ ۲ Ξ	N > L'	a ) n		× ,. >	C.	0,/	ſ.J.						
• •	Ce: 14 H					· · ·									
)'	Deper	ids only	e ou	sa.	up	leg									
į															
	KELC!	se prov	JR. che	SNOISI	Ng.	SGOU	<u>e</u> .	ma	cuu	-8	•	sin	en		
		 	5 = 11	× .	(VI)	kin	slka	1	the	in					
		· · · 7°	· · · ] 4	r.o.F	C	1		1 3.							
	- 1	s = E						2			2				
	ps	c = H		LS(	K,E	∋) —	SKE	opk	(*1)	(.)	ų	~	-		

09:41	Tue 9 Jan		***	<b>내 후</b> @ 100 % (	-)
<	Ċ	5 T	000900	₽ + :	Q
			/	Sector and a sector as a	+ 17
		· · · · C;	mundery		
		· · · · ·	many .		
	Using	the cou	ditional kt (x1k	) and the	
	Soen ple	25 tran.	data p(k,), we	Can	
	100510		¥£.		
	IS ON VI	Vicog 9+	άt.		
		11 12	101-011 6	7/201 / 11 / 11	

09:41	Tue 9 Jan			***						100 % 🔲			
<	đ	ຳ ເ	T Ø Ø	🛇 ବ	<b>B</b>	ļ	<u>Q</u>		+	ł	Q		
	 		$\mathbf{\nabla}$	<b>TV</b>	<b>-</b> - '	<b>-</b> X1	т. т. т. 1. т. т.	-		•	* *		
	• • • • •												
	Using	the ec	unditiona	al k	$+(\kappa)$	K_)	and	Æ	he				
	sample	s from	data	P(K,	). w	e c	au						
	learn	Plog 9+	· \ 1 ·										
		r rog d+											
									0				
	Loss - 1	t Ep(Ko) K	,	s(x, e, f	t) - (	The	K(x()	()	Ļ				
	J.	P(x_) 5	(¥(×°)			0							
	· · · · ·					A .							
	Then	we kuc	ow the	e veet	05	field							
			• • • • •	· · · ·									
		St (K) =		+ Plan	9+								
			2 3		1								

0	9:41	T	ie 9	Jan		***										•					•1	all 🗢 @ 100 % 💼)											
4	<	Ć	5			5				T Ø Ø					6	0 9 6 0					Ŷ					+			ŧ	Q			
-				3		: 44	1				~	Y			Y			Y		/	Y			×		4	÷	.*	1	÷			
+																																	+
-																																	
÷																																	4
-																																	
-																																	
-				-	•			-		i.	•			+	-	1		•	-	4	-	1		•	+	-	•				-		-
-											4	ct	io	NIN.	ł	12	t	ch	in.	٩.													
-											-	-								0													
	. *.	1	XĮ	5	ŧ.				14	,e		ha	i, e	2	. (	ou	4		- 5	Q.L.	×ρ	, le	2		K.	<u> </u>	9.4	(1	Ś	÷	14	2	
•																																	
									1	-	- )		/			. / .	/							U	V,		S	ခြ	e				
-							-	/.											1.	1	1			/			1						-