

Simulating Starlings Murmuration

DEEPANSHU JINDAL
ARPAN MANGAL

April 17, 2018

Contents

1	Introductory Chapter	2
1.1	Section heading	2
1.1.1	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.	3
1.1.2	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing. .	3
1.1.3	Lorem ipsum dolor sit amet	3
1.1.4	Lorem ipsum dolor sit amet, auctor et pulvinar non .	4
1.2	Another section heading	4
1.2.1	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.	5
1.2.2	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing . .	5

List of Figures

1	Starlings murmuration	1
---	---------------------------------	---

Preface

This documents details the mathematical modelling and functional design for an application for simulating the flocking behaviour shown by Starlings: often known as Starlings murmuration.



Figure 1: Starlings murmuration

Starlings murmuration is a type of swarm behaviour. From an abstract point of view, swarm behaviour is the collective motion of a large number of self-propelled entities. From the perspective of the mathematical modelling, it is an emergent behaviour arising from simple rules that are followed by individuals and does not involve any central coordination.

To model this we would use the boids program created by Craig Reynolds as an inspiration.

1

Introductory Chapter

“This is a quote and I don’t know who said this.”

– Author’s name, *Source of this quote*

1.1 Section heading

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum list:

1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.
2. Duis ac mi magna, a consectetur elit.
3. Curabitur posuere erat *dignissim ligula euismod* ut euismod nisi.
4. Fusce vulputate facilisis neque, et ornare mauris mattis vel.
5. Mauris sit amet nulla mi, vitae rutrum ante.
6. Maecenas quis nulla risus, vel tincidunt ligula.
7. Nullam ac enim neque, non *dapibus* mauris.
8. Integer volutpat leo a orci suscipit eget rhoncus urna eleifend.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna¹:

¹Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus.

1.1.1 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna. Aliquam pellentesque imperdiet erat, eget consectetur felis malesuada quis. Pellentesque sollicitudin, odio sed dapibus eleifend, magna sem luctus turpis, id aliquam felis dolor eu diam. Etiam ullamcorper, nunc a accumsan adipiscing, turpis odio bibendum erat, id convallis magna eros nec metus. Sed vel ligula justo, sit amet vestibulum dolor. Sed vitae augue sit amet magna ullamcorper suscipit. Quisque dictum ipsum a sapien egestas facilisis.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna.

1.1.2 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna. Aliquam pellentesque imperdiet² erat, eget consectetur felis malesuada quis. Pellentesque sollicitudin, odio sed dapibus eleifend, magna sem luctus turpis, id aliquam felis dolor eu diam.

1.1.3 Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna. Aliquam pellentesque imperdiet² erat, eget consectetur felis malesuada quis. Pellentesque sollicitudin, odio sed dapibus eleifend, magna sem luctus turpis, id aliquam felis dolor eu diam. Etiam ullamcorper, nunc a accumsan adipiscing, turpis odio bibendum erat, id convallis magna eros nec metus. Sed vel ligula justo, sit amet vestibulum dolor. Sed vitae augue sit amet magna ullamcorper suscipit. Quisque dictum ipsum a sapien egestas facilisis.

In hac habitasse platea dictumst. Nullam turpis erat, porttitor ut pretium ac, condimentum sed dui. Praesent arcu elit, tristique sit amet viverra at, auctor quis tortor. Etiam eleifend posuere aliquam. Donec sed mattis sapien. Aenean urna arcu, suscipit at rutrum ac, adipiscing ac felis. Class

²www.example.com

aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent condimentum felis a ipsum ullamcorper semper. Vivamus eu odio sem, dictum luctus nunc. Etiam tincidunt venenatis dolor non pellentesque.

1.1.4 Lorem ipsum dolor sit amet, auctor et pulvinar non

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna. Aliquam pellentesque imperdiet erat, eget consectetur felis malesuada quis. Pellentesque sollicitudin, odio sed dapibus eleifend, magna sem luctus turpis, id aliquam felis dolor eu diam. Etiam ullamcorper, nunc a accumsan adipiscing, turpis odio bibendum erat, id convallis magna eros nec metus. Sed vel ligula justo, sit amet vestibulum dolor. Sed vitae augue sit amet magna ullamcorper suscipit. Quisque dictum ipsum a sapien egestas facilisis.

In hac habitasse platea dictumst. Nullam turpis erat, porttitor ut pretium ac, condimentum sed dui. Praesent arcu elit, tristique sit amet viverra at, auctor quis tortor. Etiam eleifend posuere aliquam. Donec sed mattis sapien. Aenean urna arcu, suscipit at rutrum ac, adipiscing ac felis. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Praesent condimentum felis a ipsum ullamcorper semper. Vivamus eu odio sem, dictum luctus nunc. Etiam tincidunt venenatis dolor non pellentesque.

1.2 Another section heading

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

Table 1.1: Sample table

S. No.	Column#1	Column#2	Column#3
1	50	837	970
2	47	877	230
3	31	25	415
4	35	144	2356
5	45	300	556

Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident,

sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum list:

- Mauris sit amet nulla mi, vitae rutrum ante.
- Maecenas quis nulla risus, vel tincidunt ligula.
- Nullam ac enim neque, non *dapibus* mauris.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna³:

1.2.1 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna. Aliquam pellentesque imperdiet erat, eget consectetur felis malesuada quis. Pellentesque sollicitudin, odio sed dapibus eleifend, magna sem luctus turpis, id aliquam felis dolor eu diam. Etiam ullamcorper, nunc a accumsan adipiscing, turpis odio bibendum erat, id convallis magna eros nec metus. Sed vel ligula justo, sit amet vestibulum dolor. Sed vitae augue sit amet magna ullamcorper suscipit. Quisque dictum ipsum a sapien egestas facilisis.

1.2.2 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus. Praesent egestas nisi id metus rhoncus ac lobortis sem hendrerit. Etiam et sapien eget lectus interdum posuere sit amet ac urna. Aliquam pellentesque imperdiet erat, eget consectetur felis malesuada quis. Pellentesque sollicitudin, odio sed dapibus eleifend, magna sem luctus turpis, id aliquam felis dolor eu diam.

³Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis risus ante, auctor et pulvinar non, posuere ac lacus.