

Tensors and lists

Brian Kissmer

USU Department of Biology

Sept. 26rd, 2024

Today's outline

1. Lecture
2. Worksheet

Tensors

Scalar



Vector



Matrix



Tensor



5X

Simple tensors are just stacked matrices

Say we have a floor design for an office, each cell represents a room

```
> array(NA,dim = c(4,4))  
      [,1] [,2] [,3] [,4]  
[1, ]    NA    NA    NA    NA  
[2, ]    NA    NA    NA    NA  
[3, ]    NA    NA    NA    NA  
[4, ]    NA    NA    NA    NA
```

Simple tensors are just stacked matrices

Now with 3 dimensions, we can specify
which floor you're on

```
> array(NA, dim = c(4, 4, 2))
```

```
, , 1
```

	[, 1]	[, 2]	[, 3]	[, 4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2
```

	[, 1]	[, 2]	[, 3]	[, 4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

Simple tensors are just stacked matrices

```
> array(NA,dim = c(4,4,2,2))  
, , 1, 1
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2, 1
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 1, 2
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2, 2
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

Adding another dimension, what building you're in

Simple tensors are just stacked matrices

```
> array(NA,dim = c(4,4,2,2,2))
, , 1, 1, 1
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2, 1, 1
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 1, 2, 1
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2, 2, 1
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 1, 1, 2
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2, 1, 2
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 1, 2, 2
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

```
, , 2, 2, 2
```

	[,1]	[,2]	[,3]	[,4]
[1,]	NA	NA	NA	NA
[2,]	NA	NA	NA	NA
[3,]	NA	NA	NA	NA
[4,]	NA	NA	NA	NA

Even further, which city block you're in

Simple tensors are just stacked matrices

Control

Rep 1

```
> array(NA,dim = c(4,4,2,2,2))
, , 1, 1, 1

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA

, , 2, 1, 1

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

Rep 2

```
, , 1, 2, 1

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA

, , 2, 2, 1

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

Treatment

```
, , 1, 1, 2

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA

, , 2, 1, 2

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

```
, , 1, 2, 2

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA

, , 2, 2, 2

      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

Let’s think about how this could be used in science

Simple tensors are just stacked matrices

N = 20

```
> array(NA,dim = c(4,4,2,2))
, , 1, 1, 1
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

```
, , 2, 1, 1
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

Rep 1

```
, , 1, 2, 1
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

```
, , 2, 2, 1
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

Rep 2

N = 200

```
, , 1, 1, 2
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

```
, , 2, 1, 2
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

```
, , 1, 2, 2
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

```
, , 2, 2, 2
```

```
  [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  NA  NA  NA  NA
[2,]  NA  NA  NA  NA
[3,]  NA  NA  NA  NA
[4,]  NA  NA  NA  NA
```

Let's think about how this could be used in science with one example

Lists

1. Lists are like more flexible versions of tensors
2. Rather than a matrix of the same size comprising the first two dimensions, anything can be added to a list

Lists

```
> list(c("job", "cat"), 3, rbinom(15, 25, .3), matrix(NA, 5, 5))
[[1]]
[1] "job" "cat"

[[2]]
[1] 3

[[3]]
[1] 11 9 7 10 4 9 7 10 8 6 9 5 10 6 9

[[4]]
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
[1,]   NA   NA   NA   NA   NA
[2,]   NA   NA   NA   NA   NA
[3,]   NA   NA   NA   NA   NA
[4,]   NA   NA   NA   NA   NA
[5,]   NA   NA   NA   NA   NA
```

Lists are great when you have multiple data types associated with an object. Let's make a list with some more realistic data

Lists

```
mylist <- list(c("Brian"),27,matrix(runif(25,0,1),5,5))
names(mylist) <- c("Name","Age","Homework submission")

> mylist
$Name
[1] "Brian"

$Age
[1] 27

$`Homework submission`
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]
[1,] 0.1513382 0.52659008 0.88076411 0.2372297 0.8014296
[2,] 0.2818117 0.06078222 0.50837063 0.6864904 0.1462821
[3,] 0.6667052 0.96903886 0.33749500 0.2258184 0.8227174
[4,] 0.9773836 0.12023713 0.89433463 0.3184946 0.3309978
[5,] 0.5827397 0.08836330 0.03197163 0.1739838 0.3741694
```

Lists are great when you have multiple data types associated with an object. Let's make a list with some more realistic data

Worksheet

Head to today's worksheet for practice with tensors and lists!