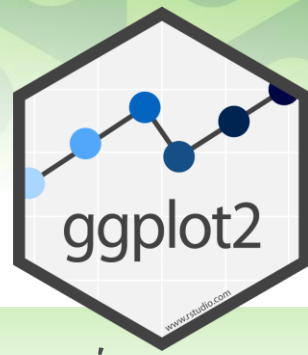


Οπτικοποιήσεις με το πακέτο ggplot2 :: Σύντομος Οδηγός

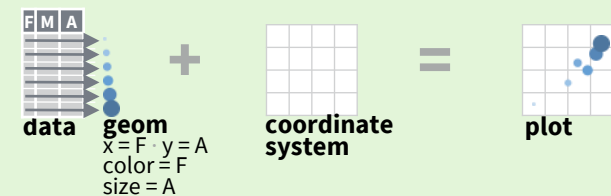


Εισαγωγή

Το πακέτο **ggplot2** βασίζεται στη γραμματική των γραφημάτων (**grammar of graphics**), στην οποία μπορεί κάποιος να δημιουργήσει γραφήματα χρησιμοποιώντας τους ίδιους παράγοντες: τα δεδομένα (**data**), ένα σύστημα συντεταγμένων (**coordinate system**) και τις γεωμετρίες (**geoms**) δηλαδή τον τρόπο που θα οπτικοποιηθούν τα δεδομένα.



Για τις τιμές του γραφήματος υπάρχουν ιδιότητες αισθητικής του γραφήματος στην γεωμετρία (**aesthetics**) όπως το μέγεθος (**size**), το χρώμα (**color**) και θέσεις των **x** και **y**.



Παρακάτω ακολουθεί έναν πρότυπο δημιουργίας ενός γραφήματος.

```
ggplot (data = <DATA>) +  
  <GEOM_FUNCTION>(mapping = aes(<MAPPINGS>),  
  stat = <STAT>, position = <POSITION>) +  
  <COORDINATE_FUNCTION> +  
  <FACET_FUNCTION> +  
  <SCALE_FUNCTION> +  
  <THEME_FUNCTION>
```

Απαιτείται
Δεν απαιτείται, δίνονται προεπιλογές

ggplot(data = mpg, aes(x = cty, y = hwy)) Με την εντολή αυτή ξεκινούμε κάθε γράφημα και συμπληρώνουμε με αυτή στρώματα γεωμετρίας (geoms) για να το ολοκληρώσουμε.

last_plot() Επιστρέφει το τελευταίο γράφημα.

ggsave("plot.png", width = 5, height = 5) Αποθηκεύει το τελευταίο γράφημα σε 5' x 5' αρχείο με όνομα "plot.png" στον κατάλογο εργασίας. Η επέκταση του αρχείου δίνεται μαζί με το όνομά του.

Aes

Συνήθειες αισθητικές (aesthetics).

Χρώμα (**color**) και γέμισμα (**fill**) - κείμενο ("red", "#RRGGBB")

Είδος γραμμής (**linetype**) - ακέραιος ή κείμενο (0 = "blank", 1 = "solid", 2 = "dashed", 3 = "dotted", 4 = "dotdash", 5 = "longdash", 6 = "twodash")

Τελείωμα γραμμής (**lineend**)- κείμενο ("round", "butt", or "square")

Ένωση γραμμών(**linejoin**)- κείμενο ("round", "mitre", or "bevel")

Μέγεθος (**size**)- ακέραιος (πάχος σε χιλιοστά)

Σχήμα (**shape**)- ακέραιος/όνομα σχήματος

ή χαρακτήρας ("a")

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
□ ○ △ + × ◇ ▽ ☆ ✱ ✳ ✴ ✵
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
⊠ ⊡ ⊢ ⊣ ⊤ ⊥ ⊦ ⊧ ⊨ ⊩ ⊪ ⊫ ⊬



Γεωμετρίες (Geoms)

Μια συνάρτηση γεωμετρίας (geom) χρησιμοποιείται για να καθορισθεί ο τύπος γραφήματος για τα δεδομένα και η ιδιότητα αισθητικής (aesthetic) των γεωμετριών (geoms) χρησιμοποιείται για να οριστεί ο τρόπος απεικόνισης των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στο γράφημα. Κάθε συνάρτηση θεωρείται ως ένα στρώμα (layer).

Πρωτογενείς Γραφικές Παράμετροι

```
a <- ggplot(economics, aes(date, unemploy))  
b <- ggplot(seals, aes(x = long, y = lat))
```

a + geom_blank() and **a + expand_limits()**
Καθορίζει ότι τα όρια περιλαμβάνουν τιμές σε όλα τα γραφήματα.

b + geom_curve(aes(yend = lat + 1, xend = long + 1, curvature = 1)) - Παράμετροι: x, xend, y, yend, alpha, angle, color, curvature, linetype, size

a + geom_path(lineend = "butt", linejoin = "round", linemitre = 1)
Παράμετροι: x, y, alpha, color, group, linetype, size

a + geom_polygon(aes(alpha = 50)) - Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group, subgroup, linetype, size

b + geom_rect(aes(xmin = long, ymin = lat, xmax = long + 1, ymax = lat + 1)) - Παράμετροι: xmin, xmax, ymin, ymax, alpha, color, fill, linetype, size

a + geom_ribbon(aes(ymin = unemploy - 900, ymax = unemploy + 900)) - Παράμετροι: x, ymax, ymin, alpha, color, fill, group, linetype, size

Ευθύγραμμα Τμήματα

Συνήθειες παράμετροι: x, y, alpha, color, linetype, size

b + geom_abline(aes(intercept = 0, slope = 1))
b + geom_hline(aes(yintercept = lat))
b + geom_vline(aes(xintercept = long))

b + geom_segment(aes(yend = lat + 1, xend = long + 1))
b + geom_spoke(aes(angle = 1:155, radius = 1))

Μία Μεταβλητή - Συνεχής

```
c <- ggplot(mpg, aes(hwy)); c2 <- ggplot(mpg)
```

c + geom_area(stat = "bin")
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, linetype, size

c + geom_density(kernel = "gaussian")
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group, linetype, size, weight

c + geom_dotplot()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill

c + geom_freqpoly()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, group, linetype, size

c + geom_histogram(binwidth = 5)
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, linetype, size, weight

c2 + geom_qq(aes(sample = hwy))
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, linetype, size, weight

Διακριτή

```
d <- ggplot(mpg, aes(fl))
```

d + geom_bar()
Παράμετροι: x, alpha, color, fill, linetype, size, weight

Δύο Μεταβλητές

Συνεχείς και οι δυο

```
e <- ggplot(mpg, aes(cty, hwy))
```

e + geom_label(aes(label = cty), nudge_x = 1, nudge_y = 1) - Παράμετροι: x, y, label, alpha, angle, color, family, fontface, hjust, lineheight, size, vjust

e + geom_point()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, shape, size, stroke

e + geom_quantile()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, group, linetype, size, weight

e + geom_rug(sides = "bl")
Παράμετροι: x, y, alpha, color, linetype, size

e + geom_smooth(method = lm)
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group, linetype, size, weight

e + geom_text(aes(label = cty), nudge_x = 1, nudge_y = 1) - Παράμετροι: x, y, label, alpha, angle, color, family, fontface, hjust, lineheight, size, vjust

Μία διακριτή, μία συνεχής

```
f <- ggplot(mpg, aes(class, hwy))
```

f + geom_col()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group, linetype, size

f + geom_boxplot()
Παράμετροι: x, y, lower, middle, upper, ymax, ymin, alpha, color, fill, group, linetype, shape, size, weight

f + geom_dotplot(binaxis = "y", stackdir = "center") - Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group

f + geom_violin(scale = "area")
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group, linetype, size, weight

Δύο Διακριτές

```
g <- ggplot(diamonds, aes(cut, color))
```

g + geom_count()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, shape, size, stroke

e + geom_jitter(height = 2, width = 2)
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, shape, size

Τρεις Μεταβλητές

```
seals$z <- with(seals, sqrt(delta_long^2 + delta_lat^2)); l <- ggplot(seals, aes(long, lat))
```

l + geom_contour(aes(z = z))
Παράμετροι: x, y, z, alpha, color, group, linetype, size, weight

l + geom_contour_filled(aes(fill = z))
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, group, linetype, size, subgroup

Συνεχής Διμεταβλητή Κατανομή

```
h <- ggplot(diamonds, aes(carat, price))
```

h + geom_bin2d(binwidth = c(0.25, 500))
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, linetype, size, weight

h + geom_density_2d()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, group, linetype, size

h + geom_hex()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, size

Συνεχής Συνάρτηση

```
i <- ggplot(economics, aes(date, unemploy))
```

i + geom_area()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, linetype, size

i + geom_line()
Παράμετροι: x, y, alpha, color, group, linetype, size

i + geom_step(direction = "hv")
Παράμετροι: x, y, alpha, color, group, linetype, size

Οπτικοποιώντας το σφάλμα

```
df <- data.frame(grp = c("A", "B"), fit = 4:5, se = 1:2)  
j <- ggplot(df, aes(grp, fit, ymin = fit - se, ymax = fit + se))
```

j + geom_crossbar(fatten = 2) - Παράμετροι: x, y, ymax, ymin, alpha, color, fill, group, linetype, size

j + geom_errorbar() - Παράμετροι: x, ymax, ymin, alpha, color, group, linetype, size, width
Also **geom_errorbarh()**.

j + geom_linerange()
Παράμετροι: x, ymin, ymax, alpha, color, group, linetype, size

j + geom_pointrange() - Παράμετροι: x, y, ymin, ymax, alpha, color, fill, group, linetype, shape, size

Χάρτες

```
data <- data.frame(murder = USArrests$Murder,  
  state = tolower(rownames(USArrests)))  
map <- map_data("state")  
k <- ggplot(data, aes(fill = murder))
```

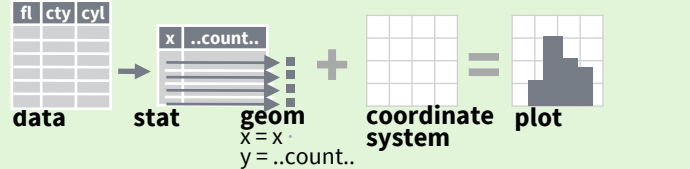
k + geom_map(aes(map_id = state), map = map) + expand_limits(x = map\$long, y = map\$lat)
map_id, alpha, color, fill, linetype, size

l + geom_raster(aes(fill = z), hjust = 0.5, vjust = 0.5, interpolate = FALSE)
Παράμετροι: x, y, alpha, fill

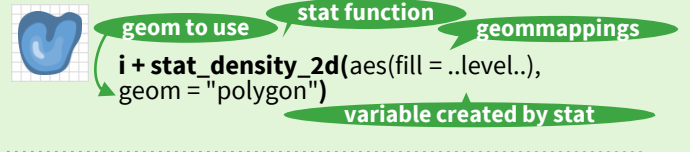
l + geom_tile(aes(fill = z))
Παράμετροι: x, y, alpha, color, fill, linetype, size, width

Στατιστική(Stats)

Ένας άλλος τρόπος για την προσθήκη νέου στρώματος (layer). Μια στατιστική (stat) δημιουργεί νέες μεταβλητές για προβολή (π.χ., πλήθος-count, αναλογίες-prop).



Οπτικοποιείτε μια στατιστική αλλάζοντας την προεπιλογή stat της γεωμετρίας, π.χ. **geom_bar(stat="count")** ή χρησιμοποιώντας μία συνάρτηση στατιστικής, π.χ. **stat_count(geom="bar")**, η οποία θα καλεί την προεπιλογή της αντίστοιχης γεωμετρίας για τον σχεδιασμό του στρώματος (ισοδυναμεί με μια συνάρτηση γεωμετρίας). Χρησιμοποιείτε την παράμετρο **..name..** για να αντιστοιχίσετε την κατάλληλη γεωμετρία.



c + stat_bin(binwidth = 1, boundary = 10)
x, y | ..count.., ..ncount.., ..density.., ..ndensity..
c + stat_count(width = 1) **x, y** | ..count.., ..prop..

c + stat_density(adjust = 1, kernel = "gaussian")
x, y | ..count.., ..density.., ..scaled..
e + stat_bin_2d(bins = 30, drop = T)
x, y, fill | ..count.., ..density..
e + stat_bin_hex(bins = 30) **x, y, fill** | ..count.., ..density..

e + stat_density_2d(contour = TRUE, n = 100)
x, y, color, size | ..level..

e + stat_ellipse(level = 0.95, segments = 51, type = "t")
l + stat_contour(aes(z = z)) **x, y, z, order** | ..level..
l + stat_summary_hex(aes(z = z), bins = 30, fun = max)
x, y, z, fill | ..value..

l + stat_summary_2d(aes(z = z), bins = 30, fun = mean)
x, y, z, fill | ..value..
f + stat_boxplot(coef = 1.5)
x, y | ..lower.., ..middle.., ..upper.., ..width.., ..ymin.., ..ymax..

f + stat_ydensity(kernel = "gaussian", scale = "area") **x, y** | ..density.., ..scaled.., ..count.., ..n.., ..violinwidth.., ..width..
e + stat_ecdf(n = 40) **x, y** | ..x.., ..y..

e + stat_quantile(quantiles = c(0.1, 0.9), formula = y ~ log(x), method = "rq") **x, y** | ..quantile..

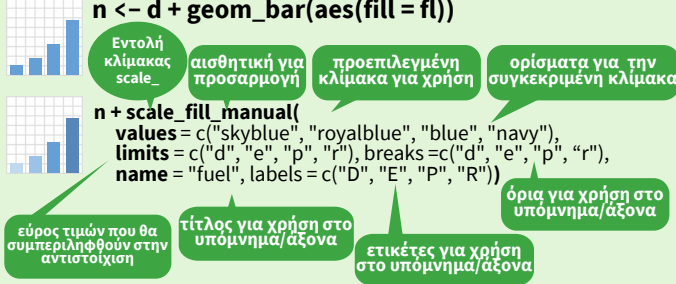
e + stat_smooth(method = "lm", formula = y ~ x, se = T, level = 0.95) **x, y** | ..se.., ..x.., ..y.., ..ymin.., ..ymax..
ggplot() + **xlim**(-5, 5) + **stat_function**(fun = dnorm, n = 20, geom = "point") **x** | ..x.., ..y..

ggplot() + **stat_qq**(aes(sample = 1:100))
x, y, sample | ..sample.., ..theoretical..

e + stat_sum() **x, y, size** | ..n.., ..prop..
e + stat_summary(fun.data = "mean_cl_boot")
h + stat_summary_bin(fun = "mean", geom = "bar")
e + stat_identity()
e + stat_unique()

Κλίμακες(Scales)

Μπορεί να γίνει αντικατάσταση προεπιλογών με το πακέτο **scales**. Οι **κλίμακες (Scales)** αντιστοιχούν τις τιμές των δεδομένων με τις παραμέτρους οπτικοποίησης μιας αισθητικής (aesthetic). Για να αλλάξετε την προεπιλεγμένη αντιστοίχιση μπορείτε να προσθέσετε μια νέα εντολή κλίμακας.



Κλίμακες Γενικής Χρήσης
scale_*_continuous() – Αντιστοίχιση συνεχών μεταβλητών σε συνεχείς μεταβλητές οπτικοποίησης.
scale_*_discrete() – Αντιστοίχιση διακριτών μεταβλητών σε διακριτές μεταβλητές οπτικοποίησης.
scale_*_binned() – Αντιστοιχίστε συνεχείς τιμές σε διακριτές κλάσεις διαστημάτων.
scale_*_identity() – Χρήση δεδομένων ως οπτικές παράμετροι.
scale_*_manual(values = c()) – Αντιστοίχιση διακριτών τιμών από συγκεκριμένες παραμέτρους οπτικοποίησης.
scale_*_date(date_labels = "%m/%d"), date_breaks = "2 weeks") – Αντιμετώπιση τιμών δεδομένων ως ημερομηνίες.
scale_*_datetime() – Αντιμετώπιση τιμών δεδομένων ως ημερομηνία και ώρα.
Το ίδιο όπως το scale_*_date(). Δείτε ?strptime για περισσότερες επιλογές ετικέτας (label formats).

X & Y Κλίμακες Θέσης (LOCATION SCALES)

Χρησιμοποιείτε για x ή y αισθητική (π.χ. για x)
scale_x_log10() – Σχεδίαση άξονα x στην κλίμακα log10.
scale_x_reverse() – Αντιστρέψτε την κατεύθυνση του άξονα x.
scale_x_sqrt() – Σχεδίαση άξονα x στην κλίμακα της τετραγωνικής ρίζας.

Κλίμακες Χρωμάτων και Γεμίσματος (Διακριτές)

n + scale_fill_brewer(palette = "Blues")
Για περισσότερα χρώματα παλέτας: RColorBrewer::display.brewer.all()
n + scale_fill_grey(start = 0.2, end = 0.8, na.value = "red")

Κλίμακες Χρωμάτων και Γεμίσματος (Συνεχείς)

o <- c + geom_dotplot(aes(fill = ..x..))
o + scale_fill_distiller(palette = "Blues")
o + scale_fill_gradient(low="red", high="yellow")
o + scale_fill_gradient2(low = "red", high = "blue", mid = "white", midpoint = 25)
o + scale_fill_gradientn(colors = topo.colors(6))
Επίσης: rainbow(), heat.colors(), terrain.colors(), cm.colors(), RColorBrewer::brewer.pal()

Κλίμακες για Σχήμα και Μέγεθος

p <- e + geom_point(aes(shape = fl, size = cyl))
p + scale_shape() + **scale_size()**
p + scale_shape_manual(values = c(3:7))
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
□○△+×◇▽※✱◆⊕⊗⊠⊡⊢⊣⊤⊥⊦⊧⊨⊩⊪⊫⊬⊭⊮⊯⊰⊱⊲⊳⊴⊵⊶⊷⊸⊹⊺⊻⊼⊽⊾⊿⋀⋁⋂⋃⋄⋅⋆⋇⋈⋉⋊⋋⋌⋍⋎⋏⋐⋑⋒⋓⋔⋕⋖⋗⋘⋙⋚⋛⋜⋝⋞⋟⋠⋡⋢⋣⋤⋥⋦⋧⋨⋩⋪⋫⋬⋭⋮⋯⋰⋱⋲⋳⋴⋵⋶⋷⋸⋹⋺⋻⋼⋽⋾⋿⣀⣁⣂⣃⣄⣅⣆⣇⣈⣉⣊⣋⣌⣍⣎⣏⣐⣑⣒⣓⣔⣕⣖⣗⣘⣙⣚⣛⣜⣝⣞⣟⣠⣡⣢⣣⣤⣥⣦⣧⣨⣩⣪⣫⣬⣭⣮⣯⣰⣱⣲⣳⣴⣵⣶⣷⣸⣹⣺⣻⣼⣽⣾⣿⤀⤁⤂⤃⤄⤅⤆⤇⤈⤉⤊⤋⤌⤍⤎⤏⤐⤑⤒⤓⤔⤕⤖⤗⤘⤙⤚⤛⤜⤝⤞⤟⤠⤡⤢⤣⤤⤥⤦⤧⤨⤩⤪⤫⤬⤭⤮⤯⤰⤱⤲⤳⤴⤵⤶⤷⤸⤹⤺⤻⤼⤽⤿⥀⥁⥂⥃⥄⥅⥆⥇⥈⥉⥊⥋⥌⥍⥎⥏⥐⥑⥒⥓⥔⥕⥖⥗⥘⥙⥚⥛⥜⥝⥞⥟⥠⥡⥢⥣⥤⥥⥦⥧⥨⥩⥪⥫⥬⥭⥮⥯⥰⥱⥲⥳⥴⥵⥶⥷⥸⥹⥺⥻⥼⥽⥾⥿⦀⦁⦂⦃⦄⦅⦆⦇⦈⦉⦊⦋⦌⦍⦎⦏⦐⦑⦒⦓⦔⦕⦖⦗⦘⦙⦚⦛⦜⦝⦞⦟⦠⦡⦢⦣⦤⦥⦦⦧⦨⦩⦪⦫⦬⦭⦮⦯⦰⦱⦲⦳⦴⦵⦶⦷⦸⦹⦺⦻⦼⦽⦾⦿⧀⧁⧂⧃⧄⧅⧆⧇⧈⧉⧊⧋⧌⧍⧎⧏⧐⧑⧒⧓⧔⧕⧖⧗⧘⧙⧚⧛⧜⧝⧞⧟⧠⧡⧢⧣⧤⧥⧦⧧⧨⧩⧪⧫⧬⧭⧮⧯⧰⧱⧲⧳⧴⧵⧶⧷⧸⧹⧺⧻⧼⧽⧾⧿⨀⨁⨂⨃⨄⨅⨆⨇⨈⨉⨊⨋⨌⨍⨎⨏⨐⨑⨒⨓⨔⨕⨖⨗⨘⨙⨚⨛⨜⨝⨞⨟⨠⨡⨢⨣⨤⨥⨦⨧⨨⨩⨪⨫⨬⨭⨮⨯⨰⨱⨲⨳⨴⨵⨶⨷⨸⨹⨺⨻⨼⨽⨾⨿⩀⩁⩂⩃⩄⩅⩆⩇⩈⩉⩊⩋⩌⩍⩎⩏⩐⩑⩒⩓⩔⩕⩖⩗⩘⩙⩚⩛⩜⩝⩞⩟⩠⩡⩢⩣⩤⩥⩦⩧⩨⩩⩪⩫⩬⩭⩮⩯⩰⩱⩲⩳⩴⩵⩶⩷⩸⩹⩺⩻⩼⩽⩾⩿⪀⪁⪂⪃⪄⪅⪆⪇⪈⪉⪊⪋⪌⪍⪎⪏⪐⪑⪒⪓⪔⪕⪖⪗⪘⪙⪚⪛⪜⪝⪞⪟⪠⪡⪢⪣⪤⪥⪦⪧⪨⪩⪪⪫⪬⪭⪮⪯⪰⪱⪲⪳⪴⪵⪶⪷⪸⪹⪺⪻⪼⪽⪾⪿⫀⫁⫂⫃⫄⫅⫆⫇⫈⫉⫊⫋⫌⫍⫎⫏⫐⫑⫒⫓⫔⫕⫖⫗⫘⫙⫚⫛⫝̸⫝⫞⫟⫠⫡⫢⫣⫤⫥⫦⫧⫨⫩⫪⫫⫬⫭⫮⫯⫰⫱⫲⫳⫴⫵⫶⫷⫸⫹⫺⫻⫼⫽⫾⫿⬀⬁⬂⬃⬄⬅⬆⬇⬈⬉⬊⬋⬌⬍⬎⬏⬐⬑⬒⬓⬔⬕⬖⬗⬘⬙⬚⬛⬜⬝⬞⬟⬠⬡⬢⬣⬤⬥⬦⬧⬨⬩⬪⬫⬬⬭⬮⬯⬰⬱⬲⬳⬴⬵⬶⬷⬸⬹⬺⬻⬼⬽⬾⬿⭀⭁⭂⭃⭄⭅⭆⭇⭈⭉⭊⭋⭌⭍⭎⭏⭐⭑⭒⭓⭔⭕⭖⭗⭘⭙⭚⭛⭜⭝⭞⭟⭠⭡⭢⭣⭤⭥⭦⭧⭨⭩⭪⭫⭬⭭⭮⭯⭰⭱⭲⭳⭴⭵⭶⭷⭸⭹⭺⭻⭼⭽⭾⭿⮀⮁⮂⮃⮄⮅⮆⮇⮈⮉⮊⮋⮌⮍⮎⮏⮐⮑⮒⮓⮔⮕⮖⮗⮘⮙⮚⮛⮜⮝⮞⮟⮠⮡⮢⮣⮤⮥⮦⮧⮨⮩⮪⮫⮬⮭⮮⮯⮰⮱⮲⮳⮴⮵⮶⮷⮸⮹⮺⮻⮼⮽⮾⮿⯀⯁⯂⯃⯄⯅⯆⯇⯈⯉⯊⯋⯌⯍⯎⯏⯐⯑⯒⯓⯔⯕⯖⯗⯘⯙⯚⯛⯜⯝⯞⯟⯠⯡⯢⯣⯤⯥⯦⯧⯨⯩⯪⯫⯬⯭⯮⯯⯰⯱⯲⯳⯴⯵⯶⯷⯸⯹⯺⯻⯼⯽⯾⯿ⰀⰁⰂⰃⰄⰅⰆⰇⰈⰉⰊⰋⰌⰍⰎⰏⰐⰑⰒⰓⰔⰕⰖⰗⰘⰙⰚⰛⰜⰝⰞⰟⰠⰡⰢⰣⰤⰥⰦⰧⰨⰩⰪⰫⰬⰭⰮⰯⰰⰱⰲⰳⰴⰵⰶⰷⰸⰹⰺⰻⰼⰽⰾⰿⱀⱁⱂⱃⱄⱅⱆⱇⱈⱉⱊⱋⱌⱍⱎⱏⱐⱑⱒⱓⱔⱕⱖⱗⱘⱙⱚⱛⱜⱝⱞⱟⱠⱡⱢⱣⱤⱥⱦⱧⱨⱩⱪⱫⱬⱭⱮⱯⱰⱱⱲⱳⱴⱵⱶⱷⱸⱹⱺⱻⱼⱽⱾⱿⲀⲁⲂⲃⲄⲅⲆⲇⲈⲉⲊⲋⲌⲍⲎⲏⲐⲑⲒⲓⲔⲕⲖⲗⲘⲙⲚⲛⲜⲝⲞⲟⲠⲡⲢⲣⲤⲥⲦⲧⲨⲩⲪⲫⲬⲭⲮⲯⲰⲱⲲⲳⲴⲵⲶⲷⲸⲹⲺⲻⲼⲽⲾⲿⳀⳁⳂⳃⳄⳅⳆⳇⳈⳉⳊⳋⳌⳍⳎⳏⳐⳑⳒⳓⳔⳕⳖⳗⳘⳙⳚⳛⳜⳝⳞⳟⳠⳡⳢⳣⳤ⳥⳦⳧⳨⳩⳪ⳫⳬⳭⳮ⳯⳰⳱Ⳳⳳ⳴⳵⳶⳷⳸⳹⳺⳻⳼⳽⳾⳿ⴀⴁⴂⴃⴄⴅⴆⴇⴈⴉⴊⴋⴌⴍⴎⴏⴐⴑⴒⴓⴔⴕⴖⴗⴘⴙⴚⴛⴜⴝⴞⴟⴠⴡⴢⴣⴤⴥ⴦ⴧ⴨⴩⴪⴫⴬ⴭ⴮⴯ⴰⴱⴲⴳⴴⴵⴶⴷⴸⴹⴺⴻⴼⴽⴾⴿⵀⵁⵂⵃⵄⵅⵆⵇⵈⵉⵊⵋⵌⵍⵎⵏⵐⵑⵒⵓⵔⵕⵖⵗⵘⵙⵚⵛⵜⵝⵞⵟⵠⵡⵢⵣⵤⵥⵦⵧ⵨⵩⵪⵫⵬⵭⵮ⵯ⵰⵱⵲⵳⵴⵵⵶⵷⵸⵹⵺⵻⵼⵽⵾⵿ⶀⶁⶂⶃⶄⶅⶆⶇⶈⶉⶊⶋⶌⶍⶎⶏⶐⶑⶒⶓⶔⶕⶖ⶗⶘⶙⶚⶛⶜⶝⶞⶟ⶠⶡⶢⶣⶤⶥⶦ⶧ⶨⶩⶪⶫⶬⶭⶮ⶯ⶰⶱⶲⶳⶴⶵⶶ⶷ⶸⶹⶺⶻⶼⶽⶾ⶿ⷀⷁⷂⷃⷄⷅⷆ⷇ⷈⷉⷊⷋⷌⷍⷎ⷏ⷐⷑⷒⷓⷔⷕⷖ⷗ⷘⷙⷚⷛⷜⷝⷞ⷟ⷠⷡⷢⷣⷤⷥⷦⷧⷨⷩⷪⷫⷬⷭⷮⷯⷰⷱⷲⷳⷴⷵⷶⷷⷸⷹⷺⷻⷼⷽⷾⷿ⸀⸁⸂⸃⸄⸅⸆⸇⸈⸉⸊⸋⸌⸍⸎⸏⸐⸑⸒⸓⸔⸕⸖⸗⸘⸙⸚⸛⸜⸝⸞⸟⸠⸡⸢⸣⸤⸥⸦⸧⸨⸩⸪⸫⸬⸭⸮ⸯ⸰⸱⸲⸳⸴⸵⸶⸷⸸⸹⸺⸻⸼⸽⸾⸿⹀⹁⹂⹃⹄⹅⹆⹇⹈⹉⹊⹋⹌⹍⹎⹏⹐⹑⹒⹓⹔⹕⹖⹗⹘⹙⹚⹛⹜⹝⹞⹟⹠⹡⹢⹣⹤⹥⹦⹧⹨⹩⹪⹫⹬⹭⹮⹯⹰⹱⹲⹳⹴⹵⹶⹷⹸⹹⹺⹻⹼⹽⹾⹿⺀⺁⺂⺃⺄⺅⺆⺇⺈⺉⺊⺋⺌⺍⺎⺏⺐⺑⺒⺓⺔⺕⺖⺗⺘⺙⺚⺛⺜⺝⺞⺟⺠⺡⺢⺣⺤⺥⺦⺧⺨⺩⺪⺫⺬⺭⺮⺯⺰⺱⺲⺳⺴⺵⺶⺷⺸⺹⺺⺻⺼⺽⺾⺿⻀⻁⻂⻃⻄⻅⻆⻇⻈⻉⻊⻋⻌⻍⻎⻏⻐⻑⻒⻓⻔⻕⻖⻗⻘⻙⻚⻛⻜⻝⻞⻟⻠⻡⻢⻣⻤⻥⻦⻧⻨⻩⻪⻫⻬⻭⻮⻰⻱⻲⻳⻴⻵⻶⻷⻸⻹⻺⻻⻼⻽⻾⻿⺼⻽⻾⻿ⷀⷁⷂⷃⷄⷅⷆ⷇ⷈⷉⷊⷋⷌⷍⷎ⷏ⷐⷑⷒⷓⷔⷕⷖ⷗ⷘⷙⷚⷛⷜⷝⷞ⷟ⷠⷡⷢⷣⷤⷥⷦⷧⷨⷩⷪⷫⷬⷭⷮⷯⷰⷱⷲⷳⷴⷵⷶⷷⷸⷹⷺⷻⷼⷽⷾⷿ⸀⸁⸂⸃⸄⸅⸆⸇⸈⸉⸊⸋⸌⸍⸎⸏⸐⸑⸒⸓⸔⸕⸖⸗⸘⸙⸚⸛⸜⸝⸞⸟⸠⸡⸢⸣⸤⸥⸦⸧⸨⸩⸪⸫⸬⸭⸮ⸯ⸰⸱⸲⸳⸴⸵⸶⸷⸸⸹⸺⸻⸼⸽⸾⸿⹀⹁⹂⹃⹄⹅⹆⹇⹈⹉⹊⹋⹌⹍⹎⹏⹐⹑⹒⹓⹔⹕⹖⹗⹘⹙⹚⹛⹜⹝⹞⹟⹠⹡⹢⹣⹤⹥⹦⹧⹨⹩⹪⹫⹬⹭⹮⹯⹰⹱⹲⹳⹴⹵⹶⹷⹸⹹⹺⹻⹼⹽⹾⹿⺀⺁⺂⺃⺄⺅⺆⺇⺈⺉⺊⺋⺌⺍⺎⺏⺐⺑⺒⺓⺔⺕⺖⺗⺘⺙⺚⺛⺜⺝⺞⺟⺠⺡⺢⺣⺤⺥⺦⺧⺨⺩⺪⺫⺬⺭⺮⺯⺰⺱⺲⺳⺴⺵⺶⺷⺸⺹⺺⺻⺼⺽⺾⺿⻀⻁⻂⻃⻄⻅⻆⻇⻈⻉⻊⻋⻌⻍⻎⻏⻐⻑⻒⻓⻔⻕⻖⻗⻘⻙⻚⻛⻜⻝⻞⻟⻠⻡⻢⻣⻤⻥⻦⻧⻨⻩⻪⻫⻬⻭⻮⻰⻱⻲⻳⻴⻵⻶⻷⻸⻹⻺⻻⻼⻽⻾⻿⺼⻽⻾⻿ⷀⷁⷂⷃⷄⷅⷆ⷇ⷈⷉⷊⷋⷌⷍⷎ⷏ⷐⷑⷒⷓⷔⷕⷖ⷗ⷘⷙⷚⷛⷜⷝⷞ⷟ⷠⷡⷢⷣⷤⷥⷦⷧⷨⷩⷪⷫⷬⷭⷮⷯⷰⷱⷲⷳⷴⷵⷶⷷⷸⷹⷺⷻⷼⷽⷾⷿ⸀⸁⸂⸃⸄⸅⸆⸇⸈⸉⸊⸋⸌⸍⸎⸏⸐⸑⸒⸓⸔⸕⸖⸗⸘⸙⸚⸛⸜⸝⸞⸟⸠⸡⸢⸣⸤⸥⸦⸧⸨⸩⸪⸫⸬⸭⸮ⸯ⸰⸱⸲⸳⸴⸵⸶⸷⸸⸹⸺⸻⸼⸽⸾⸿⹀⹁⹂⹃⹄⹅⹆⹇⹈⹉⹊⹋⹌⹍⹎⹏⹐⹑⹒⹓⹔⹕⹖⹗⹘⹙⹚⹛⹜⹝⹞⹟⹠⹡⹢⹣⹤⹥⹦⹧⹨⹩⹪⹫⹬⹭⹮⹯⹰⹱⹲⹳⹴⹵⹶⹷⹸⹹⹺⹻⹼⹽⹾⹿⺀⺁⺂⺃⺄⺅⺆⺇⺈⺉⺊⺋⺌⺍⺎⺏⺐⺑⺒⺓⺔⺕⺖⺗⺘⺙⺚⺛⺜⺝⺞⺟⺠⺡⺢⺣⺤⺥⺦⺧⺨⺩⺪⺫⺬⺭⺮⺯⺰⺱⺲⺳⺴⺵⺶⺷⺸⺹⺺⺻⺼⺽⺾⺿⻀⻁⻂⻃⻄⻅⻆⻇⻈⻉⻊⻋⻌⻍⻎⻏⻐⻑⻒⻓⻔⻕⻖⻗⻘⻙⻚⻛⻜⻝⻞⻟⻠⻡⻢⻣⻤⻥⻦⻧⻨⻩⻪⻫⻬⻭⻮⻰⻱⻲⻳⻴⻵⻶⻷⻸⻹⻺⻻⻼⻽⻾⻿⺼⻽⻾⻿ⷀⷁⷂⷃⷄⷅⷆ⷇ⷈⷉⷊⷋⷌⷍⷎ⷏ⷐⷑⷒⷓⷔⷕⷖ⷗ⷘⷙⷚⷛⷜⷝⷞ⷟ⷠⷡⷢⷣⷤⷥⷦⷧⷨⷩⷪⷫⷬⷭⷮⷯⷰⷱⷲⷳⷴⷵⷶⷷⷸⷹⷺⷻⷼⷽⷾⷿ⸀⸁⸂⸃⸄⸅⸆⸇⸈⸉⸊⸋⸌⸍⸎⸏⸐⸑⸒⸓⸔⸕⸖⸗⸘⸙⸚⸛⸜⸝⸞⸟⸠⸡⸢⸣⸤⸥⸦⸧⸨⸩⸪⸫⸬⸭⸮ⸯ⸰⸱⸲⸳⸴⸵⸶⸷⸸⸹⸺⸻⸼⸽⸾⸿⹀⹁⹂⹃⹄⹅⹆⹇⹈⹉⹊⹋⹌⹍⹎⹏⹐⹑⹒⹓⹔⹕⹖⹗⹘⹙⹚⹛⹜⹝⹞⹟⹠⹡⹢⹣⹤⹥⹦⹧⹨⹩⹪⹫⹬⹭⹮⹯⹰⹱⹲⹳⹴⹵⹶⹷⹸⹹⹺⹻⹼⹽⹾⹿⺀⺁⺂⺃⺄⺅⺆⺇⺈⺉⺊⺋⺌⺍⺎⺏⺐⺑⺒⺓⺔⺕⺖⺗⺘⺙⺚⺛⺜⺝⺞⺟⺠⺡⺢⺣⺤⺥⺦⺧⺨⺩⺪⺫⺬⺭⺮⺯⺰⺱⺲⺳⺴⺵⺶⺷⺸⺹⺺⺻⺼⺽⺾⺿⻀⻁⻂⻃⻄⻅⻆⻇⻈⻉⻊⻋⻌⻍⻎⻏⻐⻑⻒⻓⻔⻕⻖⻗⻘⻙⻚⻛⻜⻝⻞⻟⻠⻡⻢⻣⻤⻥⻦⻧⻨⻩⻪⻫⻬⻭⻮⻰⻱⻲⻳⻴⻵⻶⻷⻸⻹⻺⻻⻼⻽⻾⻿⺼⻽⻾⻿ⷀⷁⷂⷃⷄⷅⷆ⷇ⷈⷉⷊⷋⷌⷍⷎ⷏ⷐⷑⷒⷓⷔⷕⷖ⷗ⷘⷙⷚⷛⷜⷝⷞ⷟ⷠⷡⷢⷣⷤⷥⷦⷧⷨⷩⷪⷫⷬⷭⷮⷯⷰⷱⷲⷳⷴⷵⷶⷷⷸⷹⷺⷻⷼⷽⷾⷿ⸀⸁⸂⸃⸄⸅⸆⸇⸈⸉⸊⸋⸌⸍⸎⸏⸐⸑⸒⸓⸔⸕⸖⸗⸘⸙⸚⸛⸜⸝⸞⸟⸠⸡⸢⸣⸤⸥⸦⸧⸨⸩⸪⸫⸬⸭⸮ⸯ⸰⸱⸲⸳⸴⸵⸶⸷⸸⸹⸺⸻⸼⸽⸾⸿⹀⹁⹂⹃⹄⹅⹆⹇⹈⹉⹊⹋⹌⹍⹎⹏⹐⹑⹒⹓⹔⹕⹖⹗⹘⹙⹚⹛⹜⹝⹞⹟⹠⹡⹢⹣⹤⹥⹦⹧⹨⹩⹪⹫⹬⹭⹮⹯⹰⹱⹲⹳⹴⹵⹶⹷⹸⹹⹺⹻⹼⹽⹾⹿⺀⺁⺂⺃⺄⺅⺆⺇⺈⺉⺊⺋⺌⺍⺎⺏⺐⺑⺒⺓⺔⺕⺖⺗⺘⺙⺚⺛⺜⺝⺞⺟⺠⺡⺢⺣⺤⺥⺦⺧⺨⺩⺪⺫⺬⺭⺮⺯⺰⺱⺲⺳⺴⺵⺶⺷⺸⺹⺺⺻⺼⺽⺾⺿⻀⻁⻂⻃⻄⻅⻆⻇⻈⻉⻊⻋⻌⻍⻎⻏⻐⻑⻒⻓⻔⻕⻖⻗⻘⻙⻚⻛⻜⻝⻞⻟⻠⻡⻢⻣⻤⻥⻦⻧⻨⻩⻪⻫⻬⻭⻮⻰⻱⻲⻳⻴⻵⻶⻷⻸⻹⻺⻻⻼⻽⻾⻿⺼⻽⻾⻿ⷀⷁⷂⷃⷄⷅⷆ⷇ⷈⷉⷊⷋⷌⷍⷎ⷏ⷐⷑⷒⷓⷔⷕⷖ⷗ⷘⷙⷚⷛⷜⷝⷞ⷟ⷠⷡⷢⷣⷤⷥⷦⷧⷨⷩⷪⷫⷬⷭⷮⷯⷰⷱⷲⷳⷴⷵⷶⷷⷸⷹⷺⷻⷼⷽⷾⷿ⸀⸁⸂⸃⸄⸅⸆