

# 用R语言进行投资组合管理

## 资本资产定价模型

张丹，《R的极客理想》作者

# 背景

- 投资是艺术也是科学。
- 随着AI技术的成熟，**智能投顾**，在金融领域也飞速发展。
- 伴随中国金融交易市场的跌宕起伏，风险越来越不确定，利率持续走低，理财等无风险资产收益持续下降的情况，唯有**投资组合**才能让我们的资产保值、增值。
- 根据资本资产定价模型(CAPM)，通过对金融数据的分析和建模，我们是可以在有效的市场中控制风险、稳定收益。

# 目录

- 故事开始
- 资本市场线
- 资本资产定价模型
- Beta VS Alpha
- 用R构建投资组合模型
- 总结

# 故事开始

- 1952年，Markowitz提出了资产组合理论，他认为最佳投资组合应当是，风险厌恶特征的投资者的无差异曲线和资产的有效边界线的交点。
- 1964年，William Sharp等人则在其基础上提出的单指数模型，将市场组合引入均值-方差模型，极大地简化了计算，认为获得了市场任意投资组合的收益与某个共同因素之间是有线性关系，最终将其发展为资本资产定价模型(Capital Asset Pricing Model, CAPM)。
- 核心思想：资产价格取决于其获得的风险价格补偿。
- 当风险一样时，会选择预期收益最高的资产；而预期收益一样时，会选择风险最低的资产。

# 假设条件

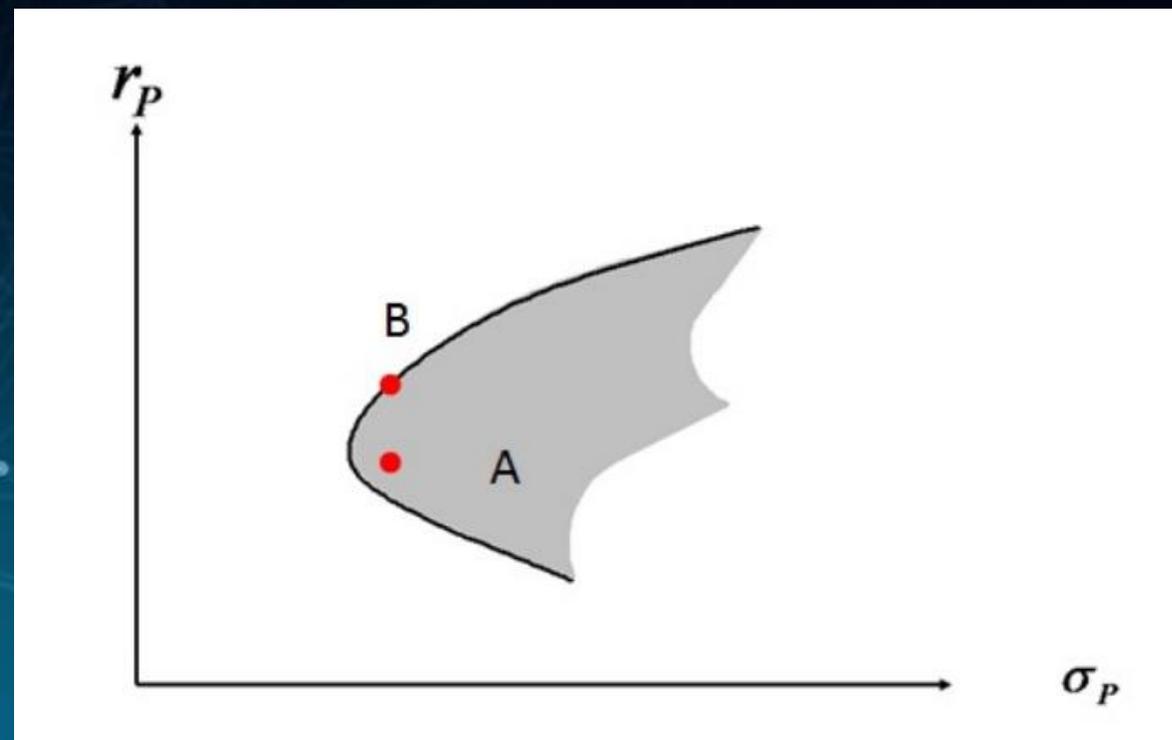
- 资产可以无限分割。
- 不存在交易成本和个人所得税。
- 可以无限卖空。
- 存在一种无风险利率，投资者在此利率水平下可以无限制地贷出和借入任意数额的资金。
- 投资者是价格接受者，市场是完全竞争的。
- 投资者通过比较资产的期望收益和方差来作出投资决策，他们都是理智的，在相同预期收益下会选择风险最小的资产。
- 投资者在相同的投资期限出作出决策，而市场信息是公开免费的，并可以及时获得。
- 投资者对市场中的经济变量有相同的预期，他们对任意资产的预期收益率、市场风险的看法是一致的。

# 目录

- 故事开始
- **资本市场线**
- 资本资产定价模型
- Beta VS Alpha
- 用R构建投资组合模型
- 总结

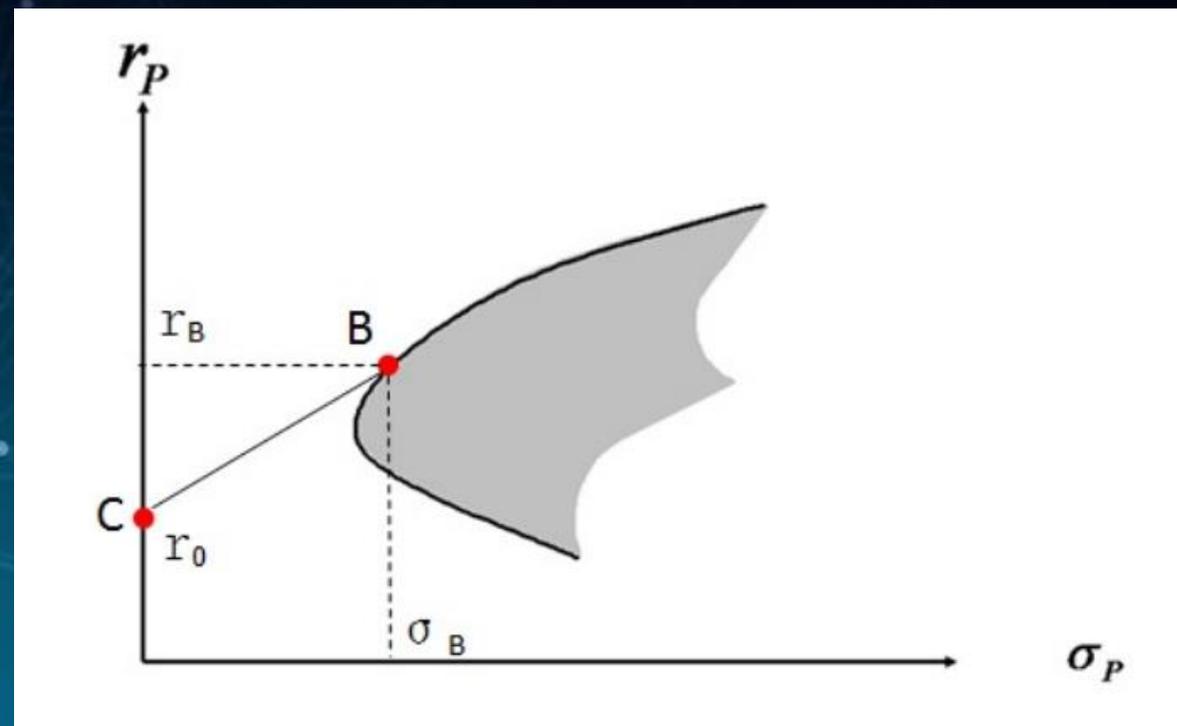
# 风险资产

- X轴为风险
- Y轴为收益率
- 灰色区域为可投资区域
- 黑色线为最优投资组合
- A,B为有风险的2个资产
- A,B具有相同的风险，但B的收益率更高。



# 风险资产+无风险资产

- X轴为风险
- Y轴为收益率
- 灰色区域为可投资区域
- 黑色线为最优投资组合
- C为无风险资产
- $r_0$ 为无风险收益率
- B为风险资产

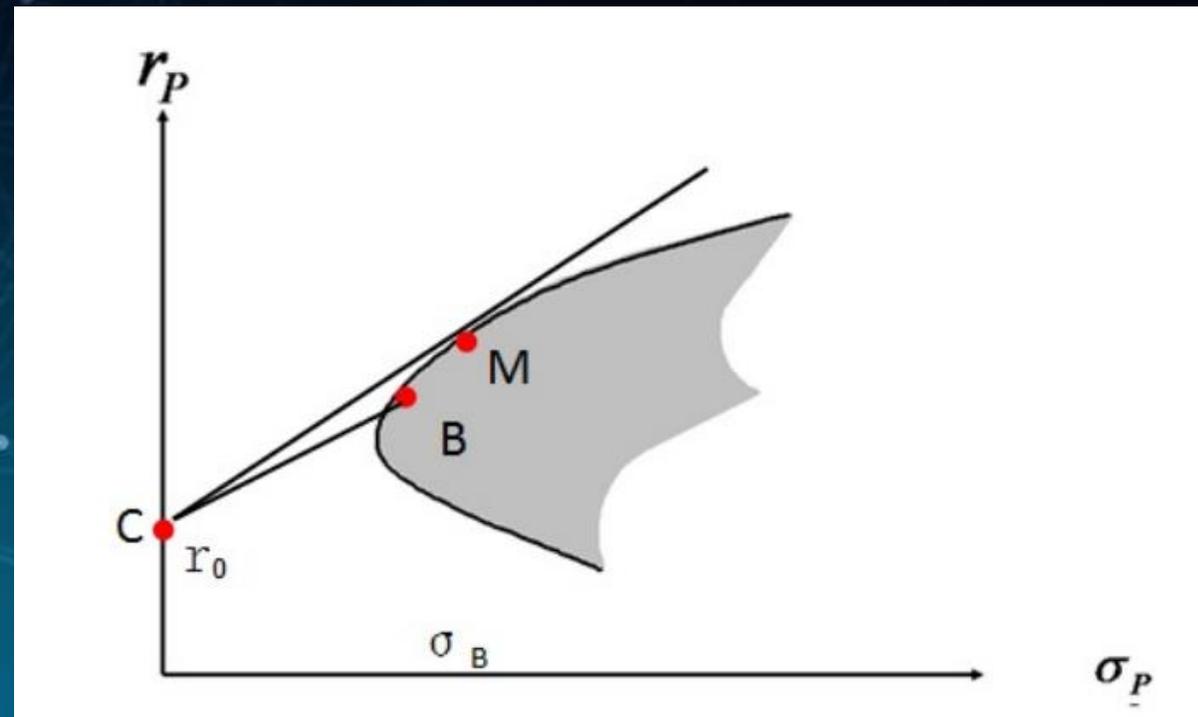


# 问题

- 有没有 **收益最大、风险最小** 的投资组合？

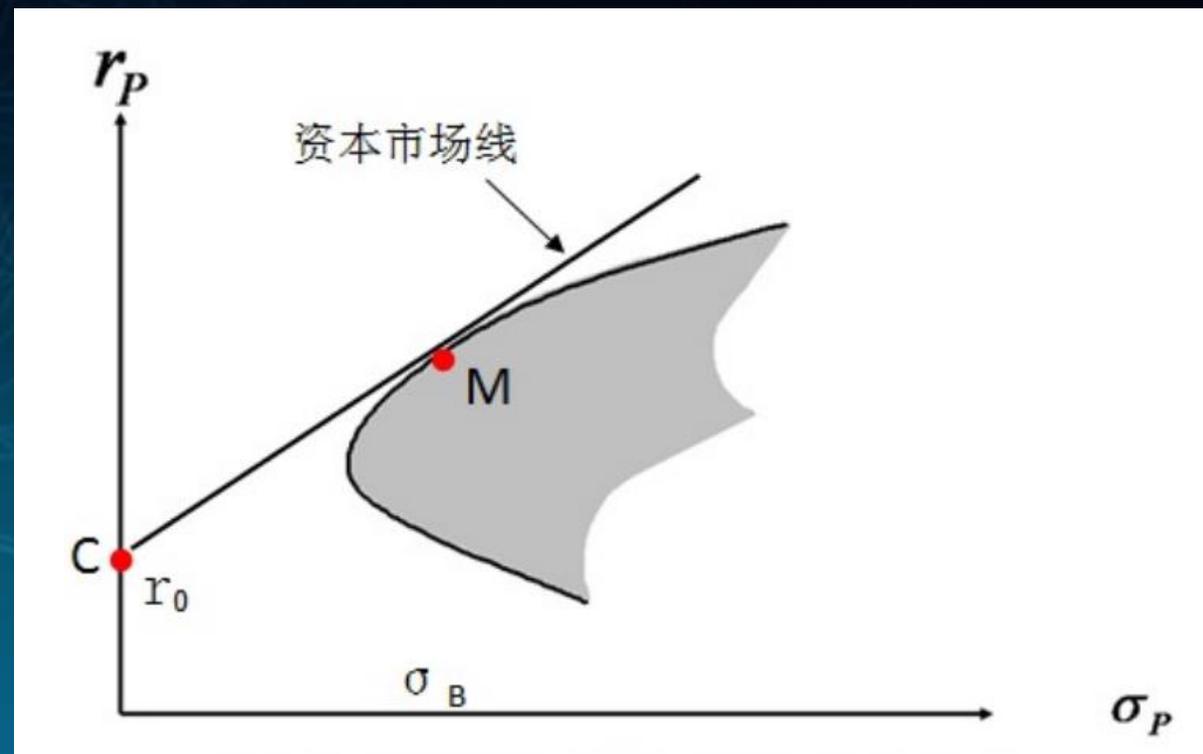
# 最优组合

- X轴为风险
- Y轴为收益率
- 灰色区域为可投资区域
- 黑色线为最优投资组合
- C为无风险资产
- $r_0$ 为无风险收益率
- B,M为风险资产
- CM的切线与黑色线相切



# 资本市场线(CML)

- X轴为风险
- Y轴为收益率
- 灰色区域为可投资区域
- 黑色线为最优投资组合
- C为无风险资产
- $r_0$ 为无风险收益率
- M为风险组合
- CM为资本市场线



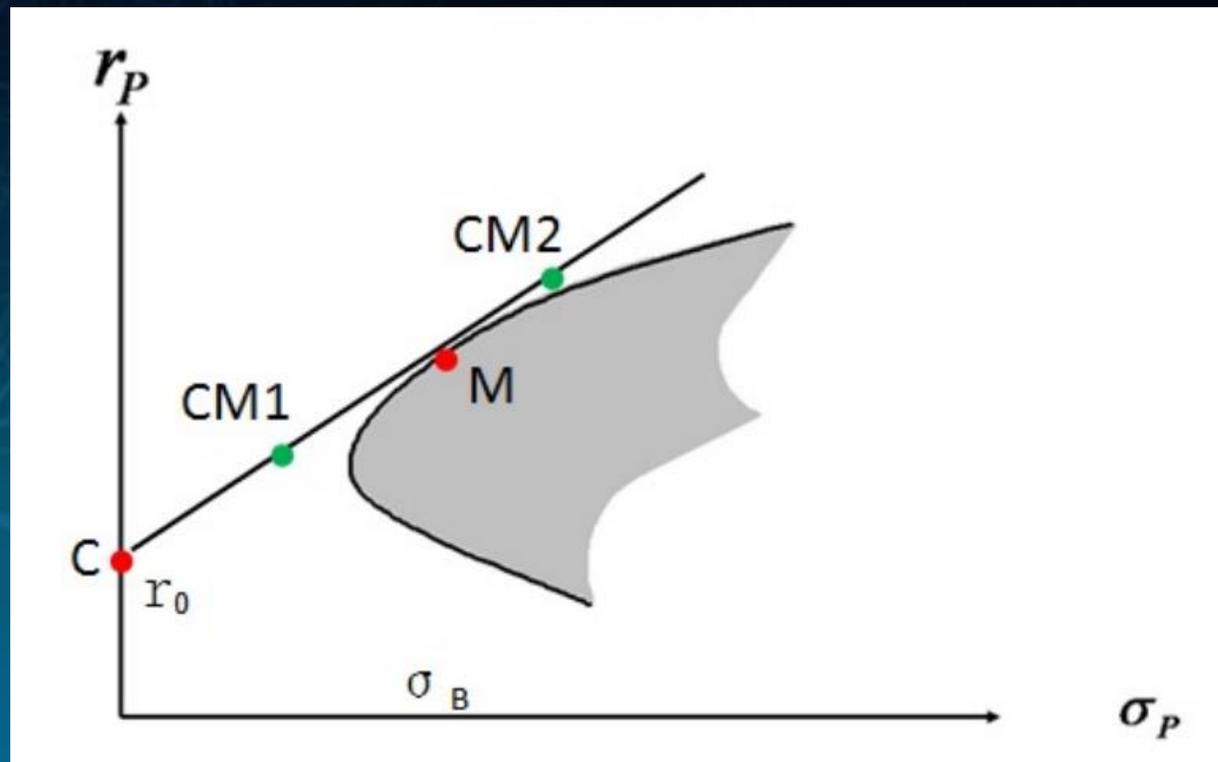
# 投资组合构建

- 风险厌恶者：

$$CM1 = 0.5C + 0.5M$$

- 风险激进者：

$$CM2 = -0.5C + 1.5M$$



# 单个资产风险溢价

- $\beta$ 是用来衡量单个股票收益与市场收益的共同变化程度，通过协方差表示。
- $\beta_i = \text{Cov}(r_i, r_m) / \text{Var}(r_m) = \text{Cov}(r_i, r_m) / \sigma_m^2$
  
- 单个证券的风险溢价：
  - $E(r_i) - r_f = (\text{Cov}(r_i, r_m) / \sigma_m^2) * [E(r_m) - r_f]$
  - $= \beta_i * [E(r_m) - r_f]$
  
- 单个资产的风险溢价与市场投资组合M的风险溢价成正比。
- 市场投资组合与证券 $\beta$ 系数也成正比。

# 目录

- 故事开始
- 资本市场线
- **资本资产定价模型**
- Beta VS Alpha
- 用R构建投资组合模型
- 总结

# 资本资产定价模型

在上述假设条件下，可以推导出**CAPM**模型的具体形式：

$$E(r_i) - r_f = \beta_i (E(r_m) - r_f)$$

$$\beta_i = Cov(r_i, r_m) / Var(r_m) = \sigma_{im} / \sigma_m^2$$

- ❖  $E(r_i)$  : 证券  $i$  的期望收益
- ❖  $E(r_m)$  : 市场组合的期望收益
- ❖  $r_f$  : 无风险资产的收益
- ❖  $\sigma_{im} = Cov(r_i, r_m)$  : 证券  $i$  收益率和市场组合收益率的协方差
- ❖  $\sigma_m^2 = Var(r_m)$  : 市场组合收益率的方差

# 二种风险

- 系统性风险

系统风险就是外部因素引起的风险，比如：通货膨胀，GDP，重大政治事件，等等。这一类事件对于资产收益率的影响不能通过组合本身来消除的，所以，这一类风险对于投资者来说是**无法回避**的。

- 非系统性风险

非系统的风险就是组合内部结构引起的风险，比如：A股与B股**高度相关**，但是，A股的收益率出现大幅波动的时候，B股也会出现相似幅度的波动，这样就会**增加整个组合的风险**；

反之，如果A与B为**负相关**，则A与B的波动就会**相互抵消**。

# 二部分收益

证券投资的收益可以分解为两部分，

- 一部分与市场**完全相关**，即beta收益。
- 一部分与市场**不相关**，即alpha收益。

beta可以称为这个投资组合的系统风险，beta收益相对容易获得，例如可以持有成本低廉的指数基金。

alpha收益，体现投资水平的策略收益。

# alpha

股票的实际期望收益与正常期望收益之间的差，称为 $\alpha$ 。

- $E(r_i) - r_f = \alpha_i + \beta_i * [E(r_m) - r_f]$

比如：市场收益率为14%，股票 $\beta=1.2$ ，短期国债利率6%，某投资者认为这只股票的期望收益为17%，计算 $\alpha$ ？

股票市场预期收益 =  $6\% + 1.2 * (14 - 6)\% = 15.6\%$

$\alpha = 17\% - 15.6\% = 1.4\%$

# 哪只基金，更值得买？

- 基金A的期望收益率12%，风险 $\beta=1$ ，基金B期望收益率13%， $\beta=1.5$ 。市场期望收益率11%， $r_0 = 5\%$ 。

解：

- $E(r_i) - r_0 = \beta_i * [E(r_m) - r_0] + \alpha$
- $\alpha = E(r_i) - r_0 - \beta_i * [E(r_m) - r_0]$
- $\alpha_A = 12 - 5 - 1 * [11 - 5] = 1\%$
- $\alpha_B = 13 - 5 - 1.5 * [11 - 5] = -1\%$

# 投资组合的计算

计算投资组合的风险

$$\beta_c = w_a * \beta_a + w_b * \beta_b$$

(w为权重)

投资组合包括无风险资产与2种风险资产时

$$r_c = (1-w_a-w_b)*r_f + w_a*r_a + w_b*r_b$$

$$r_c - r_f = w_a*(r_a - r_f) + w_b*(r_b - r_f)$$

预期收益率

$$\begin{aligned} E(r_c - r_f) &= w_a[E(r_a) - r_f] + w_b[E(r_b) - r_f] \\ &= (w_a * \beta_a + w_b * \beta_b)[E(r_m) - r_f] \end{aligned}$$

# 投资组合的风险溢价为多少？

- 假定市场投资组合的风险溢价为8%，其标准差为22%。如果某一资产25%投资于通用汽车公司股票，75%投资于福特汽车公司股票。假定两支股票的值分别为1.2和1.6。

解：

- $\beta_p = 25\% * 1.2 + 75\% * 1.6 = 1.5$
- $E(r_p) - r_f = 1.5 * [E(r_m) - r_f] = 1.5 * 8\% = 12\%$

# 目录

- 故事开始
- 资本市场线
- 资本资产定价模型
- **Beta VS Alpha**
- 用R构建投资组合模型
- 总结

# beta

- $\beta$ 反映了单个证券与整体市场组合的联动性。
- $\beta > 1$ ，攻击性，市场上升时涨幅大。
- $\beta < 1$ ，防御性，市场下跌时跌幅小。
- $\beta = 1$ ，中立性，与市场波动一致。

# alpha

- $\alpha$ 是平均实际回报和平均预期回报的差额。
- $\alpha > 0$ ，表示一基金或股票的价格可能被低估，建议买入。
- $\alpha < 0$ ，表示一基金或股票的价格可能被高估，建议卖空。
- $\alpha = 0$ ，表示一基金或股票的价格准确反映其内在价值，未被高估也未被低估。

# 目录

- 故事开始
- 资本市场线
- 资本资产定价模型
- Beta VS Alpha
- 用R构建投资组合模型
- 总结

# 用R语言构建投资组合

## Quantitative analysis package hierarchy

Application Area	R Package
Performance metrics and graphs	<b>PerformanceAnalytics</b> - Tools for performance and risk analysis
Portfolio optimization and quantitative trading strategies	<b>PortfolioAnalytics</b> - Portfolio analysis and optimization
	<b>quantstrat</b> - Rules-based trading system development
	<b>blotter</b> - Trading system accounting infrastructure
Data access and financial charting	<b>quantmod</b> - Quantitative financial modeling framework
	<b>TTR</b> - Technical trading rules
Time series objects	<b>xts</b> - Extensible time series
	<b>zoo</b> - Ordered observation

# R语言程序

```

library(quantmod)
library(PerformanceAnalytics)

# 下载股票
getSymbols(c('IBM','GE','YHOO','^GSPC'), from = '2010-01-01')

# K线图
barChart(IBM)
barChart(GE)
barChart(YHOO)
barChart(GSPC)

# 改列名
names(IBM)<-c("open","high","low")
names(GE)<-c("open","high","low")
names(YHOO)<-c("open","high","low")
names(GSPC)<-c("open","high","low")

# 数据合并
head(IBM);head(GE);head(GSPC)
dat=merge(IBM$adjusted,GE$adjusted)
names(dat)<-c('IBM','GE','YHOO')
head(dat)

# 计算每日收益率
IBM_ret=dailyReturn(IBM)
GE_ret=dailyReturn(GE)
YHOO_ret=dailyReturn(YHOO)
SP500_ret=dailyReturn(GSPC)

head(IBM_ret);head(GE_ret);head(YHOO_ret);head(SP500_ret)

# 数据合并
dat_ret=merge(IBM_ret,GE_ret,YHOO_ret,SP500_ret)
names(dat_ret)<-c('IBM','GE','YHOO','SP500')
head(dat_ret)

# 无风险收益率
Rf<-0.04/12

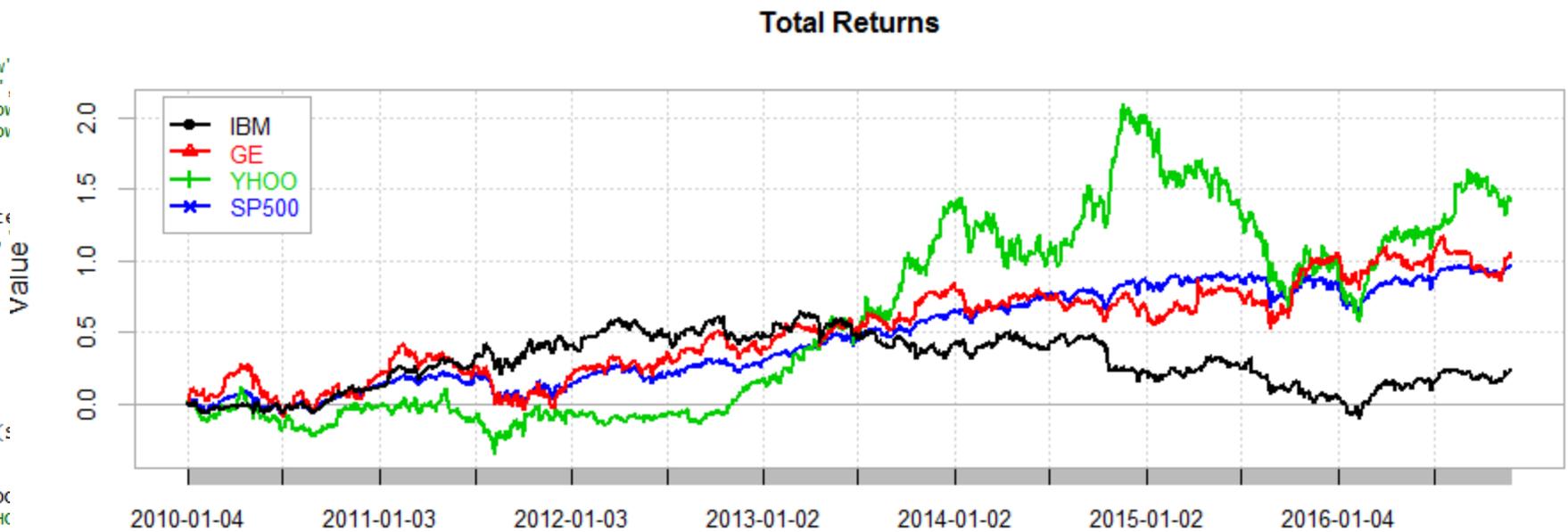
```

```

> table.stats(dat_ret)

```

	IBM	GE	YHOO	SP500
observations	1737.0000	1737.0000	1737.0000	1737.0000



```

2010-01-06 0.000343203
2010-01-07 0.0040012012
2010-01-08 0.0028817272
2010-01-11 0.0017467554

```

# R语言程序

- 程序运行！

# 总结

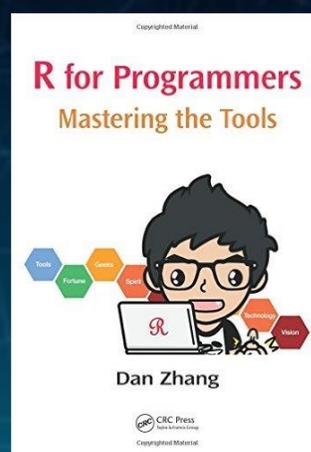
- 我毕业时是一名程序员，4年前我开始转金融，经历过创业的洗礼。
- 这个世界不缺少机会，只是缺少我们对知识的追求。
- R语言对我的影响和改变是非常大的，我认识R语言是非常好的一门语言，我会把推动R的发展，当成一项事业来做。
- 希望也能认识各位业界朋友，一起努力，把这份事业做下去！！

# 参考文章

- 2016IAIS人工智能产业论坛:用R语言进行投资组合管理
- <http://blog.fens.me/meeting-iais-20161025/>
  
- R语言量化投资常用包总结
- <http://blog.fens.me/r-quant-packages/>
  
- R语言为量化而生
- <http://blog.fens.me/r-finance/>

# 作者介绍

- 《R的极客理想》系列图书作者



- 联系方式：
- Blog : <http://fens.me>
- Email: [bsspirit@gmail.com](mailto:bsspirit@gmail.com)
- QQ群: 383275651



# Thanks