

# Python金融计算（第四讲）： 复杂金融系统与智能决策

谢文杰

华东理工大学 金融学系

2022年春

# 目录

- 1 智能决策背景介绍
- 2 复杂金融系统
- 3 复杂金融环境特征
- 4 智能决策系统建模
- 5 金融计算实践

# 目录

## 1 智能决策背景介绍

## 2 复杂金融系统

## 3 复杂金融环境特征

## 4 智能决策系统建模

## 5 金融计算实践

# 人工智能+

人工智能的定义很多，其中人工智能之父马文·明斯基认为：“人工智能就是研究‘让机器来完成那些如果由人来做则需要智能的事情’的科学”。

- 人工智能+教育
- 人工智能+工业
- 人工智能+银行
- 人工智能+科学
- 人工智能+农业

中国科学院院士鄂维南教授在2021世界人工智能大会表示：“传统的科学领域，就是化学、材料、电子工程、化学工程、机械工程生物等，才是人工智能更大的主战场。它给我们带来的不仅仅是科学研究范式的改变，也是传统行业的转型升级。”。

## 智能决策背景介绍

智能决策与复杂环境是分不开的，复杂环境影响了个体智能决策能力，个体智能决策行为同样影响了环境复杂性，两者之间相互关联耦合，协同演化，共同构成了更加复杂和动态演化的复杂系统。

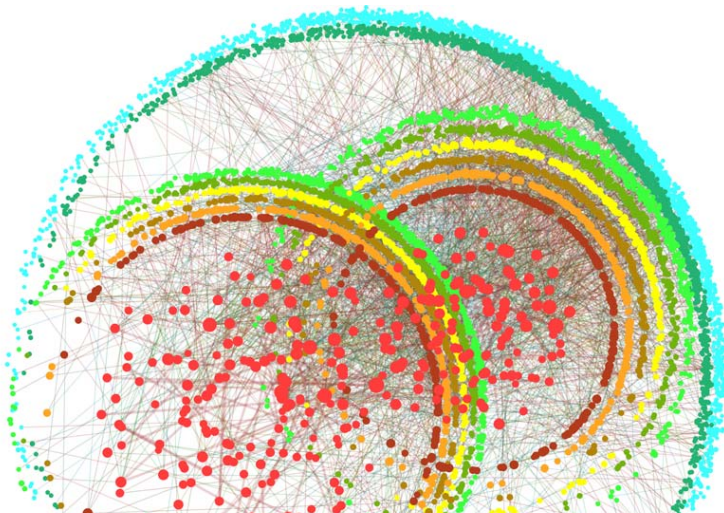
- 智能决策一直是人类关心的问题。
- 运筹帷幄之中，决胜千里之外。
- 何为智能？
- 为什么需要智能？
- 试想一个极其简单的环境下，个体能否展现出智能？

# 复杂金融系统中的智能决策

如何能够对动态演化市场环境进行动态监控，对市场环境状态进行建模分析，对系统性风险进行度量、识别、传染、防控、预警？

- 复杂金融系统中，个人投资者、机构和监管部门共同构成了一个动态演化的复杂巨系统。
- 2007年和2008年，美国次贷危机引发的全球金融海啸促使科学家重新审视主流经济金融理论，提出了当前金融理论所面临的挑战。
- 在极端金融事件的预警和预测方面，因为金融系统的非线性、动态性、随机性等复杂因素，如何能够有效地防范和预警风险，直接影响了全球金融经济系统的稳定和健康发展。
- 基于智能算法进行风险预警和防控具有重要意义和研究价值，给世界各个经济体的金融经济系统平稳运行提供保障。

# 金融交易网络示例



# 目录

1 智能决策背景介绍

2 复杂金融系统

3 复杂金融环境特征

4 智能决策系统建模

5 金融计算实践



# 复杂性科学简介

1984年，诺贝尔奖得主、夸克之父马瑞·盖尔曼（Murray Gell-mann）、乔治·考温（George Cowan）、安德逊（Philip Anderson）、诺贝尔经济学奖获得者阿罗 Arrow 等人倡导。

一批来自世界各地的政府机构、研究团体和私营企业的物理、生物、经济、计算机科学家，在美国圣塔菲城西北郊外一座小山丘上建立了享誉世界的圣塔菲研究所。

圣塔菲研究所是非盈利性研究机构，研究大方向是跨学科的复杂性和复杂系统研究，并将研究复杂系统的学科称为复杂性科学。

# 复杂性科学定义

## 定义

复杂性科学是指以复杂性系统为研究对象，以超越还原论为方法论特征，以揭示和解释复杂系统运行规律为主要任务，以提高人们认识世界、探究世界和改造世界的能力为主要目的的一种“交叉学科”(interdisciplinary)。复杂性科学主要包括：早期研究阶段的一般系统论、控制论、信息论、人工智能；后期研究阶段的耗散结构理论、协同学、突变论、超循环理论、混沌理论、分形理论和元胞自动机理论等。

# 复杂系统定义

## 定义

复杂系统由大量相互作用的成分组成，不存在中央控制，通过简单运作的规则产生出复杂的集体行为和复杂的信息处理，并通过学习和进化产生适应性。

复杂系统存在的三个共性<sup>1</sup>：

- 复杂的集体行为：个体简单，规则也简单，不存在中央控制或领导者，但集体却产生出了复杂的行为模式。
- 信号和信息处理：信息、信号的传递和利用。
- 适应性：所有的系统都通过学习和进化进行适应，即改变自身的行为以增加生存或成功的机会。

<sup>1</sup> 《复杂》，梅拉尼·米歇尔

# 非适应系统

复杂系统包含了适应系统和非适应系统两大类。

- 恒星系统
- 星系
- 行星
- 沙堆模型

系统的复杂性表现在维度高、空间大、非线性等特征，对于大多数问题没有解析解和高效求解方法，如行星轨迹预测问题、卫星发射问题等，因此涉及到大量的数值计算和数值优化等。

# 适应系统

适应性是针对复杂系统中个体而言，当然复杂系统也同样能表现出适应性。

- 生物网络
- 社会网络
- 金融经济网络
- 信息网络

大规模个体之间能够相互作用，交换物质和信息，且个体与环境交互过程中适应环境变化和改变自身特征属性。随着与环境交互可以改变自身交互行为，如此形成的系统称作适应系统。

# 金融复杂性

金融的复杂性可概括为客观复杂性与主观复杂性两个方面。

- 所谓客观复杂性，是指系统本身的状态、结构和演化动力学的复杂性，同时刻画系统的模型和计算具有复杂性，这与传统复杂性研究一致，如计算复杂性、算法复杂性和语法复杂性等。
- 所谓主观复杂性，是指复杂系统中个体具有适应性和能动性。人的感知、意识、反应和行为的复杂性以及个体之间交互的复杂性、反馈、迭代等，将系统复杂性提升到了更高的层次。

金融复杂性包括金融本质的特殊性与复杂性、金融产品与金融机构的特殊性与复杂性、金融市场与金融资产价格的特殊性与复杂性、金融风险的特殊性与复杂性、金融技术的特殊性与复杂性、金融管理与调控的特殊性与复杂性。

# 计算实验金融

- 天津大学张维教授在著作《计算实验金融研究》中首先阐明了计算实验金融的研究方法论，详细介绍了计算实验金融学的起源、发展历程和研究现状，通过利用计算实验金融方法对金融市场中的各种异象做出合理解释，并对投资者生存、适应性市场假说、时间序列可预测性等金融学界广为关注的问题做出尝试性的回答。
- 计算实验金融融合了金融学、计算机科学、统计学等学科，是一门交叉学科。
- 张维教授尝试在中国市场条件下，利用计算实验金融方法解决常规金融经济学方法所难于解决的一些金融研究问题，从而倡导计算实验金融学在中国的发展。

# 互联网金融

- 2015年，人民银行等十部门发布《关于促进互联网金融健康发展的指导意见》，文件中对互联网金融做了定义。
- 互联网金融是传统金融机构与互联网企业利用互联网技术和信息通信技术实现资金融通、支付、投资和信息中介服务的新型金融业务模式。
- 互联网与金融深度融合是大势所趋，将对金融产品、业务、组织和服务等方面产生深刻影响<sup>2</sup>。

---

<sup>2</sup>[http://www.gov.cn/xinwen/2015-07/18/content\\_2899360.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2015-07/18/content_2899360.htm)



# 金融科技

- 金融科技英译为Fintech，是 Financial Technology 的缩写。
- 可以简单理解为Finance（金融）+ Technology（科技），指通过利用各类科技手段创新传统金融行业所提供的产品和服务，提升效率并有效降低运营成本。
- 根据金融稳定理事会（FSB）的定义，金融科技主要是指由大数据、区块链、云计算、人工智能等新兴前沿技术带动，对金融市场以及金融服务业务供给产生重大影响的新兴业务模式、新技术应用、新产品服务等。

# 科技金融

- 2019年，科技部发布国家“十二五”科学和技术发展规划，指出科技金融是指通过创新财政科技投入方式，引导和促进银行业、证券业、保险业金融机构及创业投资等各类资本，创新金融产品，改进服务模式，搭建服务平台，实现科技创新链条与金融资本链条的有机结合，为初创期到成熟期各发展阶段的科技企业提供融资支持和金融服务的一系列政策和制度的系统安排。
- 加强科技与金融的结合，不仅有利于发挥科技对经济社会发展的支撑作用，也有利于金融创新和金融的持续发展<sup>3</sup>。

---

<sup>3</sup>https:

//www.nifdc.org.cn/directory/web/nifdc/images/1334649785044.pdf

# 目录

1 智能决策背景介绍

2 复杂金融系统

3 复杂金融环境特征

4 智能决策系统建模

5 金融计算实践

## 完全可观察的和部分可观察的

- 在智能体与环境的交互过程中，如果智能体能够感知到环境全部与决策相关的状态信息，那么就认为复杂环境是完全可观察的；如果智能体不能够完全感知到与决策相关的环境状态，则环境是部分可观察的。
- 围棋对弈中，棋盘落子情况对于双方来说都是完全可观察的。在自动驾驶中，如果出现大雾天气，路面情况会出现遮挡，不可观察。
- 金融市场中信息不可观测或者部分可观察。

# 单智能体和多智能体

复杂环境中只有一个智能体与环境交互，那么是单智能体任务环境；如果有多个智能体与环境交互，且智能体之间也可能互相交互、互相通讯，那么是多智能体任务环境。

- 如AlphaGo在训练过程中，基于棋局进行落子位置决策，环境就是对手方。
- 很多游戏是需要多人合作完成的，构建此类游戏智能体时，需要同时构建多个智能体同时进行决策，完成智能体之间的合作、竞争、交互以及与环境交互，如OpenAI Five 和 DeepMind 的 AlphaStar 都是多智能体强化学习的经典应用。
- 如智能投资机器人，金融市场本就是一个多人博弈的场所，个体行为收益不仅仅和自己与环境的交互相关，而且与其他参与者的行为相关，因此如果能够考虑其他智能体的行为和策略信息，能够更好的进行高效的投资决策行为。

## 确定的和随机的

如果环境下一个状态完全由当前状态和智能体动作决定，那么环境是确定的。否则环境是随机的。

- 在围棋游戏中棋局是确定的，完全有当前棋局和下棋动作决定，不存在随机因素。
- 在军棋游戏中，暗棋和翻棋的棋局是不确定的，不确定性来源于不可观察性。
- 在金融市场中，投资者对市场的感知极其有限，能够获得的信息非常少，特别是散户投资者，公开信息也只能部分获得。投资者绝大部分情况下都是在不确定的环境中做出投资决策，且对于这些投资者而言，市场环境就是一个随机环境，而且这种随机性随着时间也会变化，不平稳，增加了投资者做出正确决策的难度。

# 静态和动态

如果在智能体进行决策计算和分析过程中环境发生了变化，那么环境是动态的；否则就是静态的。

- 金融市场中，投资者在决策过程中市场信息瞬息万变。
- 当投资者完成决策时，前面决策考虑的市场变量已经发生了改变。
- 当投资者选择执行限价单行为时，选择的价格在交易系统输入数字的几秒钟之内也可能发生变化，而不能完成交易。

# 目录

1 智能决策背景介绍

2 复杂金融系统

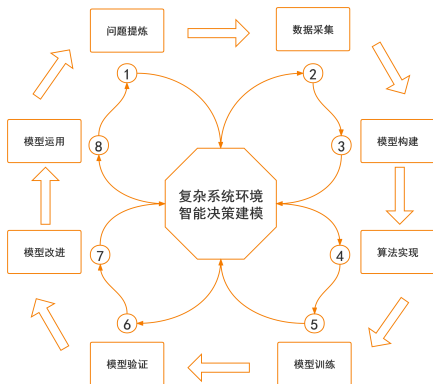
3 复杂金融环境特征

4 智能决策系统建模

5 金融计算实践



# 智能决策系统框架



图：智能决策系统框架

# 智能决策系统框架

- 图给出了复杂系统环境下智能决策系统的框架。
- 框架中将建模过程分成了8个环节。
- 每个环节之间都可以互相影响、互相关联。
- 系统构建过程也是各个模块循环迭代过程。
- 整合优化，更新迭代。

# 目录

1 智能决策背景介绍

2 复杂金融系统

3 复杂金融环境特征

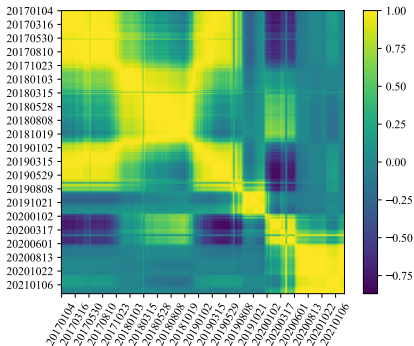
4 智能决策系统建模

5 金融计算实践

# 网络嵌入

- 近年来，基于机器学习的复杂网络分析方法迅速发展，在网络分析中网络嵌入算法得到了大量研究者关注。
- 将复杂网络嵌入到低维欧式空间，低维空间中的向量表征节点属性特征，能够挖掘网络结构中个体、组织和系统的演化特征规律。
- 本示例采用一种能够保留有向图的不对称传递性的网络嵌入算法，称为高阶邻近保留嵌入算法（HOPE）。

# 网络嵌入



**图:** 恒生指数时间序列通过可视图算法转成网络后，网络嵌入算法（HOPE）对可视图网络进行表示学习。图中为表示学习的特征向量相似性矩阵

## 网络嵌入

- 图给出了可视图网络嵌入后特征向量的相似性矩阵热度图。
- 可视图算法转化过程中，可视图网络中每一个节点对应恒生指数某一天，节点信息可以对应这一天市场状态信息。
- 在HOPE算法进行网络嵌入后，嵌入空间中每一个点对应网络中一个节点，也对应某一天，嵌入空间的特征向量对应这一天市场状态特征。
- 因此当计算嵌入空间中每个节点相似性矩阵时，得到的是时间序列每一天市场状态的相似性矩阵。嵌入空间中每个维度看做是每一天的状态变量，而相似性矩阵对应了恒生指数市场状态相似性。
- 明显的分块结构说明市场存在明显的状态切换行为。随着市场演化，市场状态存在显著的差别，从一定程度上验证了本示例所用方法在挖掘金融市场状态特征变量方面的有效性。