

Revisão do trabalho de investigação

Sistemas Multiagentes, e o Seu Impacto no Mercado Financeiro

¹ Universidade do Minho, Escola de Engenharia

² Mestrado em Engenharia Informática

³ Agentes e Sistemas Multiagente

Resumo: Nesta análise ao trabalho “*Sistemas Multiagentes, e o Seu Impacto no Mercado Financeiro*” será feita uma travessia pelo conteúdo de todas as partes (secções e subsecções) que compõem o trabalho realizado. Serão apontados aspectos positivos e aspectos passíveis de melhoria em cada uma delas. Em seguida, serão abordados aspectos mais relacionados com o modo como o trabalho foi elaborado e estruturado. No final, será apresentado um comentário do trabalho na sua generalidade.

1 Análise ao conteúdo do trabalho

Nesta secção serão abordadas todas as secções do trabalho, apontando os seus pontos fortes e pontos a melhorar.

De uma maneira geral, nota-se o esforço no trabalho em encontrar fontes bibliográficas que relacionem as tecnologias de sistemas baseados em agentes aos mercados financeiros. Não se identifica em nenhuma parte do trabalho conteúdo que esteja desligado do tema.

Em todas as análises realizadas aos artigos da literatura científica, o grupo demonstrou empenho em explicar cada trabalho e fundamentar a sua relevância no tema escolhido através da apresentação dos resultados de cada artigo analisado. Contudo, nalgumas explicações de estudos/artigos, há carência de detalhe, o que pode dificultar a compreensão do que foi abordado no trabalho analisado. Relativamente à análise dos resultados de cada artigo, algumas são um pouco incompletas e poderiam ser enriquecidas com mais informações que poderiam estar nos artigos citados.

Um aspecto que não foi abordado em nenhum dos artigos analisados neste trabalho é a análise crítica. Seria pertinente discutir os pontos fortes e fracos de cada artigo, de modo a perceber como essas qualidades/limitações poderiam impactar a relevância e credibilidade de cada um.

Finalmente, é de realçar que o tema dos mercados financeiros é relativamente vasto e este trabalho analisa apenas quatro artigos entre os quais três abordam o mercado de acções e um aborda o mercado de criptomoedas. Poderiam ter sido explorados outros temas além dos que foram abordados, como por exemplo *commodities* (um tipo de mercado de matérias-primas como ouro, prata e petróleo) ou *forex* (um mercado dedicado à troca de moedas de vários países). Mesmo que não houvesse conteúdo relevante nestes mercados, o grupo poderia apontar essa falta de conteúdo como uma lacuna na literatura sobre sistemas multiagente nos mercados financeiros.

1.1 Abstract

O *abstract* apresenta uma introdução clara ao tema, destacando a importância da economia na sociedade e fazendo a devida associação do tema à área científica desta unidade curricular (ASMa).

Um ponto que deve ser referido é o facto de que uma grande parte do *abstract* foi dedicada a apresentar o tema estudado. Podia ter-se falado um pouco mais do trabalho realizado (mencionar, por exemplo, que alguns dos temas abordados incluem o mercado de acções e as criptomoedas) e ter-se adicionado uma breve menção às conclusões adquiridas. Desta forma, o leitor conseguiria ter antecipadamente uma melhor noção do que se trata o trabalho e quais os resultados do estudo realizado.

1.2 Introdução

A introdução do trabalho cumpre razoavelmente com o que é pretendido, estabelecendo uma relação apropriada entre o tema da economia e as ciências da computação e inteligência artificial. Aborda de forma simples e bastante genérica o modo como os sistemas baseados em agentes podem otimizar o processamento de investimentos nos mercados e tornar-se uma tendência neste sector. A menção dada aos factores como volatilidade e complexidade dos mercados financeiros é particularmente relevante, pois permite ao leitor compreender, logo no início do trabalho, que esta é uma área desafiadora, susceptível de apresentar dificuldades significativas.

Relativamente a possíveis melhorias, pode-se destacar que toda a introdução foi escrita sem qualquer suporte bibliográfico, isto é, não foram mencionadas referências que possam ser consultadas para verificar e validar com mais detalhe aquilo que está escrito.

1.3 Evolução do mercado financeiro

Nesta secção eu fui capaz de extrair alguns pontos chave, sendo eles: *(i)* o crescente interesse pelas pessoas no mercado de acções devido à fraca rentabilidade de outras modalidades de investimento; *(ii)* a tentativa de fundamentar a adequação do uso de sistemas baseados em agentes nos mercados financeiros devido à sua complexidade e à abundância de dados; *(iii)* o crescimento do modelo de negociação HFT bem como o impacto da negociação algorítmica nas bolsas de valores norte-americanas; *(iv)* a conclusão de que o mercado de acções está fortemente ligado à evolução tecnológica.

É possível observar no conteúdo desta secção a tentativa de apresentar o modo como o mercado de acções se foi ajustando ao longo do tempo à evolução tecnológica e como o uso de tecnologias pode otimizar a realização de operações financeiras. No entanto, não se consegue entender muito bem algumas partes do texto. Em primeiro lugar, temos o segundo parágrafo no qual é referida uma abordagem *bottom-up* que aparentemente impõe dificuldades estruturais às pesquisas sobre processos relacionados à formação de preços. O texto não explica claramente o que é essa abordagem *bottom-up*, o que faz e para o que serve. Simplesmente aparece no texto e depois nunca mais é abordada, impedindo que haja uma compreensão clara do que foi dito. Depois, temos o terceiro parágrafo em que não fui capaz de entender a associação feita entre os conceitos de neurociência cognitiva e neuroeconomia com técnicas de aprendizagem automática. Podia ter sido colocada uma breve explicação de como esses conceitos se interligam.

1.4 Agentes e Sistemas Multiagente

Esta secção apresenta uma definição bastante vaga no que diz respeito a sistemas multiagente, mas apresenta uma definição mais completa do conceito de agente.

As descrições sobre o que é um agente e quais os tipos de agente apresentadas foram claras e utilizaram uma linguagem adequada. Foi possível entender com facilidade a definição de agente e no que consistem os quatro tipos de agente mencionados. No entanto, podia ter sido explorado um pouco mais a fundo o conceito de sistema multiagente.

Após a definição dos quatro tipos de agentes existe um pequeno parágrafo a indicar os tipos de tarefas mais adequados para cada tipo de agente. No entanto, existe uma frase que não apresenta coesão textual e pode dificultar a leitura. Contudo, ainda deu para perceber a partir dessa frase quais os tipos de agente mais adequados para tarefas complexas.

Os agentes reativos e reativos baseados em modelos são normalmente reservados para tarefas simples, com informações limitadas a recolher do ambiente e poucas alternativas de decisão. Para tarefas mais complexas como gerência de portfólios, troca automática de ações ou análise de risco o dinamismo do mercado em combinação o elevado número de alternativas de decisão torna os agentes baseados em objetivos e utilidade bastante apelativos.

Figura 1. Frase com pouca coesão textual

Relativamente à subsecção “3.2 Tipos de algoritmos”, apenas são mencionados os nomes de alguns tipos de algoritmos sem indicar no que consistem e como podem ser utilizados. Desta forma, esta subsecção não acrescenta muito ao conteúdo da secção.

1.5 Casos Práticos e Aplicações

O início desta secção apresenta a definição de três tipos de investidores (fundamentalistas, históricos e aleatórios) necessária à compreensão do primeiro caso de estudo abordado. As definições apresentadas são claras e simples de entender, não havendo qualquer aspecto desfavorável a apontar ao seu conteúdo. No entanto, esta explicação dos três tipos de investidores deveria estar dentro da subsecção “4.1 Simulações do Mercado de Ações” já que é o único caso de estudo onde estes três tipos de investidores são abordados. Ao ter esta menção aos tipos de investidores no início da secção que abrange todos os casos de estudo, pode induzir o leitor em erro ao fazê-lo pensar que esses tipos de investidores estão presentes em todos os casos estudados quando, de facto, não é isso que acontece.

1.5.1 Simulações do Mercado de Acções

O estudo abordado consiste na utilização de agentes para observar o modo como três tipos de comportamentos de investidores (fundamentalistas, históricos e aleatórios) afecta o desempenho dos investimentos ao analisar a percentagem de investidores que entra na falência. Considero que este estudo foi uma escolha pertinente, dada a sua relevância no campo dos investimentos. De facto, aos percebermos o tipo de comportamento de investimento que proporciona mais rentabilidade, temos a capacidade de fazer escolhas mais informadas.

A análise do estudo feita no trabalho apresenta-o de forma clara e foca-se nos pontos essenciais, o que facilitou a sua compreensão geral. Relativamente ao conteúdo apresentado, não tenho quaisquer pontos desfavoráveis a apontar, excepto alguns tópicos que poderiam ser abordados para enriquecer a análise feita ao artigo. Por exemplo, na parte em que são apresentados os três cenários utilizados (cenários que indicam as percentagens de tipos de investidores), eu gostaria de ter visto quais os critérios que os autores do estudo utilizaram para definir as percentagens em cada cenário. Se não fossem indicados tais critérios, podia ter-se referido esse facto como uma limitação do estudo. Outro exemplo é a parte em que apresentam alguns resultados relativos à percentagem de investidores que entraram em falência. Essa percentagem não foi apresentada no terceiro cenário e seria bom mencioná-la para ter um termo de comparação entre os três cenários.

1.5.2 Aprendizagem Profunda por Reforço em Sistemas Multi-Agente para troca de criptomoedas

O estudo aborda a necessidade de melhorar as técnicas de *machine learning* existentes que são utilizadas na previsão e troca de criptomoedas, propondo um método baseado em MAPPO. Este modelo adopta uma abordagem colaborativa entre agentes, ajustando dinamicamente os valores de recompensa desses agentes (recompensa local para cada agente e recompensa global para todos os agentes), com recurso a aprendizagem por reforço, baseando-se nas condições do mercado.

O que está escrito anteriormente é uma síntese daquilo que eu consegui entender da análise feita a este estudo. A análise realizada é um pouco genérica e pouco detalhada, dando uma visão superficial do que trata o estudo.

Relativamente à análise de resultados, apenas foi mencionado que a solução proposta superou quatro métodos conhecidos nalguns conjuntos de testes. Acho que poderiam ter mencionado quais foram esses quatro métodos e no que consistem.

1.5.3 *Multi Agent Reinforcement Learning (MARL)*

A análise a este estudo referiu apenas que o sistema abordado é baseado em MADDPG e é composto por dois agentes (agente de compra e agente de venda), cada um com um tipo de responsabilidade. Também foi referido que o cenário de teste é composto por três acções da bolsa de valores brasileira (PETR3, ITSA4 e VALE3). Finalmente, apresentam os resultados do sistema implementado indicando que os agentes tiveram um desempenho satisfatório no que diz respeito aos ganhos e à capacidade de minimizar perdas quando comparados com a estratégia *buy-and-hold*.

A análise realizada, tal como no caso anterior, também foi bastante superficial. No entanto, também tem o problema de não transmitir conteúdo suficiente para perceber o estudo por trás.

Não fui capaz de dizer muito mais acerca desta parte devido ao facto de que não consegui perceber a análise o suficiente para poder formular uma opinião devidamente fundamentada.

1.5.4 *An Application of Deep Reinforcement Learning to Algorithmic Trading*

A análise deste estudo apresenta uma explicação bastante resumida do conteúdo abordado no artigo. Resume-se a mencionar que é utilizada uma abordagem de DRL com uma variante específica, a TDQN, cujo objectivo é filtrar um conjunto de informações sobre as acções de empresas para distinguir as informações que possuem maior relevância na tomada de decisão. É de salientar que esta análise ao estudo foca-se muito mais na descrição dos resultados obtidos do que no sistema utilizado.

Relativamente à análise dos resultados, a explicação de ambos os gráficos (Apple e Tesla) está bem feita. É transmitida de forma clara e fácil de entender a interpretação desses gráficos, justificando com razões plausíveis certos aspectos que poderiam gerar alguma suspeita (por exemplo, a performance do modelo ser superior nos dados de teste relativamente aos dados de treino).

2 *Elaboração do trabalho*

Este trabalho foi cuidadosamente organizado, seguindo uma estrutura pertinente que apresenta uma ordem e divisão lógicas de todo o conteúdo. Todos os elementos estão dispostos de forma a corresponder às expectativas inerentes a um trabalho desta natureza.

Inicia-se com uma visão geral ao tema e como os sistemas baseados em agentes podem ser aplicados ao sector dos mercados financeiros. Segue-se uma explicação de conceitos teóricos basilares (agentes e sistemas multiagente) necessários à compreensão dos estudos que são analisados. Finalmente, é elaborada a componente mais importante deste trabalho que é a revisão da literatura que consiste na análise de casos práticos e aplicações. Sucintamente, pode-se dizer que o “esqueleto” do trabalho está bem definido e bem pensado.

Relativamente a aspectos menos positivos na elaboração deste trabalho em geral, eu destacaria a utilização de palavras e certas nuances gramaticais do português do Brasil. Em todo o trabalho é notável a elevada ocorrência da palavra “*aprendizado*” em vez de “aprendizagem”. Também existem outras situações pontuais de palavras cuja grafia é característica do Brasil, como por exemplo: “*fenômeno*” e “*autônomos*”. Apesar de ser legítimo utilizar fontes de autores do Brasil, é necessário tratar os textos dessas fontes de modo a transformar as palavras ou aspectos gramaticais para a variante portuguesa.

3 Comentário final

Este trabalho oferece uma visão satisfatória sobre a integração de tecnologias de agentes nos mercados financeiros. Através da revisão de literatura que foi feita, o trabalho foi capaz de destacar a relevância dos sistemas multiagente na optimização de operações financeiras e na adaptação às complexidades dos mercados de acções e criptomoedas. No entanto, há espaço para melhorias, nomeadamente o aprofundamento de algumas explicações de artigos, a inclusão de uma análise crítica dos estudos analisados e a expansão dos temas para abranger uma gama mais ampla de tipos de mercados financeiros.

É importante salientar que, embora esta revisão contenha explicações extensas sobre os pontos a serem melhorados neste trabalho, não há qualquer intenção de o desvalorizar ou de tentar demonstrar que o mesmo tem defeitos acentuados. Reitero que o conteúdo abordado em todo o trabalho é relevante e que houve apenas a intenção de explicar com detalhe o que poderia ter sido melhorado, tendo em conta o ponto de vista de alguém que não participou directamente na elaboração do trabalho.