



Fundação
Champalimaud

EMBARGO: 6 de junho às 16:00 (Lisboa/London time) | 06 June 2022 at 11:00 (US Eastern Time).

Asma Motiwala, Sofia Soares, Bassam V. Atallah, Joseph J. Paton*, Christian K. Machens*. Efficient coding of cognitive variables underlies dopamine responses and choice behavior. *Nature Neuroscience*. DOI: 10.1038/s41593-022-01085-7.

Link: <https://www.nature.com/articles/s41593-022-01085-7>

O cérebro usa compressão de dados no processo de tomada de decisões

Geralmente, assume-se que o cérebro comprime informações para processar, de forma eficiente, o fluxo contínuo de dados sensoriais. Agora, os cientistas descobriram que o cérebro também poderá estar a utilizar este mesmo processo de compressão para as funções cognitivas.

Se viveu a sua infância durante os anos 80, ou é fã de videojogos retro, certamente deve lembrar-se do Frogger. E como era desafiante. Para ganhar o jogo, primeiro tínhamos de sobreviver a uma torrente de tráfego intenso, apenas para depois ter de escapar com vida ziguezagueando por entre troncos de madeira que vinham na nossa direção em alta velocidade. Como é que o cérebro sabe no que se deve focar no meio de toda aquela confusão?

Um estudo publicado hoje (6 de junho) na revista científica *Nature Neuroscience* apresenta uma possível resposta para esta questão: compressão de dados. "Ao comprimir as representações do mundo externo estamos como que a eliminar toda a informação irrelevante e a adotar uma 'visão de túnel', temporária, sobre a situação", disse um dos autores séniores do estudo, Christian Machens, Investigador Principal do laboratório de Neurociência Teórica da Fundação Champalimaud, em Portugal.

"A ideia de que o cérebro maximiza o desempenho enquanto minimiza o custo usando a compressão de dados é comumente apresentada em estudos de processamento sensorial. No entanto, nunca foi realmente analisada em funções cognitivas", disse o autor sénior Joe Paton, diretor do Programa de Neurociência da Champalimaud Research. "Usando uma combinação de técnicas experimentais e computacionais, demonstrámos que esse mesmo princípio se estende a uma gama muito mais ampla de funções, do que anteriormente se pensava".

Nas suas experiências, os investigadores usaram um paradigma de tempo. Em cada experiência, os ratinhos tinham que determinar se dois sons eram emitidos num intervalo maior ou menor do que 1,5 segundos. Enquanto isso, os investigadores registaram a atividade dos neurónios dopaminérgicos no seu cérebro, enquanto os ratinhos realizavam a tarefa.

"É sabido que os neurónios dopaminérgicos desempenham um papel fundamental na aprendizagem do valor das ações", explicou Machens. "Então, se o ratinho estima erradamente a duração do intervalo num determinado teste, a atividade desses neurónios produz um 'erro de previsão' que vai depois ajudar a melhorar o desempenho em testes futuros".

Asma Motiwala, a primeira autora do estudo, desenvolveu vários modelos computacionais de aprendizagem por reforço e testou qual seria o melhor para registar não apenas a atividade dos neurónios mas também o comportamento dos animais. Os modelos partilhavam alguns princípios comuns, mas diferiam na forma como representavam as informações que poderiam ser relevantes para a execução da tarefa.

A equipa de investigadores descobriu que apenas os modelos que representavam a tarefa de forma comprimida conseguiam explicar os dados. "O cérebro parece eliminar todas as informações irrelevantes. Curiosamente, parece também descartar algumas informações relevantes, mas não o suficiente para afetar, de forma considerável, a recompensa que o ratinho efetivamente recebe. Ele sabe claramente como ter sucesso neste jogo", disse Machens.

Curiosamente, o tipo de informação representada não era apenas sobre as variáveis da tarefa em si. Registou também as próprias ações do ratinho. "Trabalhos anteriores concentraram-se nas características do ambiente, independentemente do comportamento do indivíduo. Mas agora descobrimos que apenas representações comprimidas, que dependem das ações do animal, explicam os dados na sua totalidade. De facto, o nosso estudo é o primeiro a mostrar que a forma como as representações do mundo externo são aprendidas, especialmente em circunstâncias mais exigentes como é o caso desta tarefa, podem impactar de maneiras pouco usuais a forma como os animais escolhem agir", explicou Motiwala.

Segundo os autores, esta descoberta tem amplas implicações para a Neurociência e também para a Inteligência Artificial. "Embora o cérebro tenha claramente evoluído para processar informações com eficiência, os algoritmos de IA geralmente resolvem problemas mediante abordagens de "força bruta": utilizando muitos dados e muitos parâmetros. O nosso trabalho fornece um conjunto de princípios com potencial para orientar estudos futuros sobre como as representações internas do mundo podem apoiar o comportamento inteligente no contexto da biologia e da IA", concluiu Paton.

EN VERSION

The brain uses data compression for decision-making

It is generally thought that the brain compresses information to effectively process sensory data as it continuously flows in. Now, scientists have discovered it may be using the same trick for cognitive functions as well.

If you were a kid in the 80s, or are a fan of retro video games, then you must know Frogger. The game can be quite a challenge. To win, you must first survive a stream of heavy traffic, only to then narrowly escape oblivion by zig-zagging across speeding wooden logs. How does the brain know what to focus on within all this mess?

A study published today (June 6th) in the scientific journal *Nature Neuroscience* provides a possible solution: data compression. "Compressing the representations of the external world is akin to eliminating all irrelevant information and adopting temporary 'tunnel vision' of the situation", said

one of the study's senior authors Christian Machens, head of the Theoretical Neuroscience lab at the Champalimaud Foundation in Portugal.

"The idea that the brain maximises performance while minimising cost by using data compression is pervasive in studies of sensory processing. However, it hasn't really been examined in cognitive functions," said senior author Joe Paton, Director of the Champalimaud Neuroscience Research Programme. "Using a combination of experimental and computational techniques, we demonstrated that this same principle extends across a much broader range of functions than previously appreciated."

In their experiments, the researchers used a timing paradigm. In each trial, mice had to determine whether two tones were separated by an interval longer or shorter than 1.5 seconds. At the same time, the researchers recorded the activity of dopamine neurons in the animal's brain while it was performing the task.

"It is well known that dopamine neurons play a key role in learning the value of actions", Machens explained. "So if the animal wrongly estimated the duration of the interval on a given trial, then the activity of these neurons would produce a 'prediction error' that should help improve performance on future trials."

Asma Motiwala, the first author of the study, built a variety of computational reinforcement learning models and tested which was best at capturing both the activity of the neurons and the behaviour of the animals. The models shared some common principles, but differed in how they represented the information that might be relevant for performing the task.

The team discovered that only models with a compressed task representation could account for the data. "The brain seems to eliminate all irrelevant information. Curiously, it also apparently gets rid of some relevant information, but not enough to take a real hit on how much reward the animal collects overall. It clearly knows how to succeed in this game", Machens said.

Interestingly, the type of information represented was not only about the variables of the task itself. Instead, it also captured the animal's own actions. "Previous research has focused on the features of the environment independently of the individual's behaviour. But we found that only compressed representations that depended on the animal's actions fully explained the data. Indeed, our study is the first to show that the way representations of the external world are learnt, especially taxing ones such as in this task, may interact in unusual ways with how animals choose to act", Motiwala explained.

According to the authors, this finding has broad implications for Neuroscience as well as for Artificial Intelligence. "While the brain has clearly evolved to process information efficiently, AI algorithms often solve problems by brute force: using lots of data and lots of parameters. Our work provides a set of principles to guide future studies on how internal representations of the world may support intelligent behaviour in the context of biology and AI", Paton concluded.

Media:

Afonso Vaz Pinto
+351 969658256
avazpinto@jlma.pt

Maria João Soares
+351 914237487
mjsoares@ilma.pt