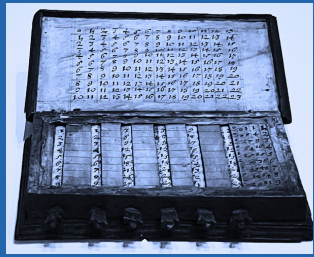
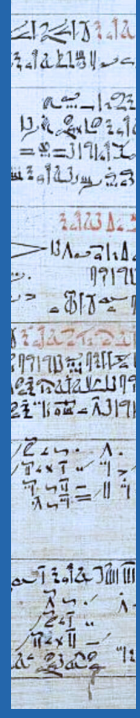
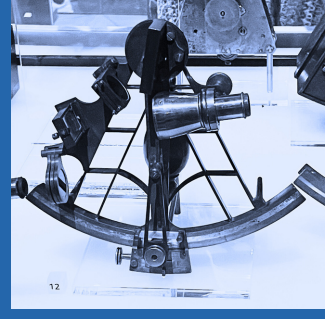
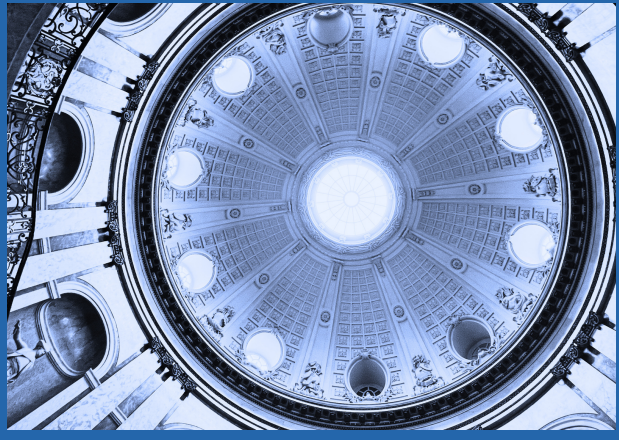


ÁIS MATES



Da dinastía Yuan á Ming, ou como un cambio político acabou coas Matemáticas chinesas

Santiago González Gómez

China é un país cunha historia tumultuosa, que se compón a grandes rasgos dunha sucesión de diferentes dinastías máis ou menos estables, con períodos intermedios de división e guerras entre pequenos reinos. A finais do século XIV, China experimentou un novo cambio dinástico que non parecía ser moi diferente ao que outras veces se dera. No século XIII, o país fora conquistado polos mongois, como gran parte do continente asiático. Ao dividirse o imperio mongol en estados máis pequenos, aparecera en China a dinastía Yuan. Aínda que os seus gobernantes eran mongois, estes caracterizáronse por (non só en China) conservar a cultura e tradicións do país para facilitar o goberno; iso si, excluindo aos nativos de calquera posto de poder. Esta situación opresiva para a poboación chinesa minou a estabilidade do goberno Yuan. Inundacións e malas colleitas levaron a unha serie de revoltas que en 1368 culminaron coa fuxida do último emperador Yuan e a instauración da nova dinastía Ming por parte do emperador Hongwu.



Fig. 1: Retrato de Zhu Yuanzhang, fundador da dinastía Ming co nome de Hongwu.

Con todo, desta vez o troco dinástico non foi só político. Diversos factores socioeconómicos e históricos e un cambio na mentalidade chinesa ralentizaron a evolución científica e tecnolóxica, e as Matemáticas chinesas, que acadaran resultados que non se replicarían en Occidente durante séculos, frearon o seu desenvolvemento para nunca recuperarse.

DOUS MILENIOS DE TRADICIÓN MATEMÁTICA

O obxectivo deste artigo non é realizar unha presentación exhaustiva da historia das Matemáticas chinesas, aínda que si é importante que coñezamos un pouco o nivel que acadaron. As súas dúas características principais son un enfoque resul-

tista, con moito máis interese por extraer fórmulas e resolver problemas que por dispoñer de bases teóricas; e un desenvolvemento en gran medida independente das Matemáticas doutras civilizacións. Nisto a Matemática chinesa é moi semellante á xaponesa, que xa analizamos noutro número, coa enorme diferenza de que en China as Matemáticas iniciáronse un milenio antes de Cristo (aínda que non temos constancia escrita ata o 100 a.C.), co que para o século XIV xa contaban cun coñecemento profundo e extenso. En tempos da dinastía Han e o período dos Tres Reinos (contemporáneos aos romanos), o motor para a evolución matemática foi a astronomía e o desenvolvemento de calendarios. Deste tempo é o *Jiuzhang suanshu* ("Nove capítulos das artes matemáticas"), un libro indispensable na ensinanza durante moitos séculos (similar ao que foron para Occidente os *Elementos*) que resume todo o coñecemento do momento nunha serie de problemas resoltos. A versión máis famosa do libro é a comentada por Liu Hui, matemático coñecido pola obtención dunha aproximación de π ata a quinta cifra decimal. Dende o século VI, as Matemáticas convertíronse nunha ensinanza obrigatoria para acadar un posto público, e os coñecementos matemáticos foron indispensables para a realización de grandes obras de enxeñaría, como a Gran Muralla.

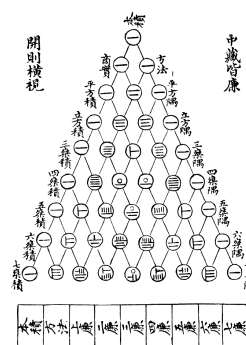


Fig. 2: Triángulo de Pascal nos traballos de Yang Hui.

Cando os mongois chegaron a China, os chineses xa contaban con importantes coñecementos en xeometría, trigonometría ou resolución de sistemas de ecuacións lineares. No século XIII, coincidindo co final da dinastía Song e os inicios da Yuan, as Matemáticas experimentaron un período dourado da man de grandes matemáticos como Yang Hui, Qin Jiushao, Li Zhi e Zhu Shijie, que traballaron, entre outras cousas, no teorema chinés dos restos, en series, en interpolación cúbica ou na extracción de raíces de polinomios empregando unha

variante do método de Newton-Raphson coñecida a día de hoxe como método de Ruffini-Horner. Moitos dos métodos empregados polos antigos chineses non serían redescubertos en Europa ata séculos despois. Yang Hui tamén traballou cos coeficientes binomiais do triángulo de Pascal, aínda que este xa era coñecido en Persia e na mesma China.

UN CAMBIO DE MENTALIDADE

En resumo, coa chegada dos Ming ao poder, as Matemáticas chinesas gozaban dunha boa saúde. Como se explica entón o declive durante o século XV? Os factores son diversos. En primeiro lugar, despois da humillante dominación estranxeira, os Ming quixeron distanciarse dos “bárbaros” Yuan en todo o posible; por exemplo, mecenando ramas do coñecemento diferentes ás prefiridas polos mongois. Isto afectou directamente ás Matemáticas, que fora unha disciplina favorecida polos Yuan. Para evitar unha nova invasión estranxeira, o emperador Hongwu escolleu illarse internacionalmente, de xeito que a economía e a sociedade chinesas, que fora dende tempos antigos de corte moi mercantil, volveuse eminentemente agrícola. Outro factor importante na caída do comercio foi a relixiosa. O budismo, relixión oficial dos Yuan, perdeu importancia ante o confucianismo, que defende que o agricultor é a principal peza que engade valor á sociedade e ve aos comerciantes como parasitos. A perda de importancia do comercio quitou incentivos á investigación matemática, e especialmente á tecnolóxica.

Sorprendentemente, algunhas teorías apuntan ao ábaco como outro culpable do estancamento das Matemáticas chinesas. Durante os inicios da dinastía Ming, o ábaco perfeccionouse ata o punto no que substituíu por completo ás contas escritas. Aínda que isto non semella algo malo, os ábacos son ferramentas ríxidas e limitadas, e o abandono dos cálculos en papel limitou a creatividade dos matemáticos.



Fig. 3: *Poeta no alto dunha montaña*, por Shen Zhou. A dinastía Ming si foi un período dourado para a literatura ou a arte.

Non podemos deixar de sinalar que non hai consenso sobre o declive das Matemáticas chinesas. Algúns estudosos ([4]) defenden que estas seguiron desenvolvéndose, e que simplemente non se estudan os textos desta época por falta de interese. Si é certo que se seguiron publicando textos matemáticos e que o *Jiuzhang suanshu* seguiu estudándose. Tamén é certo que o terceiro emperador Ming, Yongle, revertiu as políticas de Hongwu no referente ao comercio, aproveitando os excedentes agrícolas para aumentar as exportacións. Durante o seu reinado, Yongle interesouse de novo pola astronomía (posiblemente o principal motor das Matemáticas) e financiou as primeiras expedicións marítimas da historia de

China, pero isto non foi máis que un paréntese nas políticas Ming, xa que o seu fillo Hongxi volveu definitivamente ás ideas illacionistas de Hongwu, que se manterían durante o resto da dinastía. O reinado de Yongle non foi suficiente para revitalizar as Matemáticas, pois non parece que se producisen novos avances durante moitos anos. É máis, chegou un punto no que aos novos matemáticos chineses custáballes máis e máis entender os textos da época Song, xa que non quedaban profesores que coñecesen os procedementos dos antigos chineses ([3], [5]). Os Ming tamén prohibiron a práctica en privado da astronomía. Cando cara ao fin da dinastía Ming foi xa innegable que o calendario era moi impreciso, pois non se axustara en séculos, resultou case imposible atopar xente que entendese o calendario para reaxustalo.

UN RENACEMENTO INSUFICIENTE

A finais do século XVI chegaron a China os primeiros misioneiros xesuítas dende Europa, e con eles, os coñecementos matemáticos occidentais. En 1607, o matemático Xu Guangqi estudou as matemáticas europeas e traduciu os *Elementos* de Euclides ao chinés coa axuda do italiano Mateo Ricci. Paradoxicamente, isto supuxo unha reacción entre os estudosos chineses, que se volcaron sobre os antigos textos dos matemáticos Song para tentar entender os seus métodos coa intención de probar que todo o traído polos europeos fora xa descuberto anteriormente polos seus antepasados. Con todo, para entón éralles xa case imposible distinguir as Matemáticas antigas da numeroloxía.

Xa durante a dinastía Qing, a partir do 1644, China esforzouse por estudar e recuperar o coñecemento matemático perdido, pero a brecha era insalvable e fóronse adoptando irremediamente as Matemáticas occidentais. Os Qing fomentaron a importación de textos estranxeiros para tentar manter a China ao nivel de desenvolvemento das novas potencias occidentais, e aínda que conseguiron restaurar a saúde da ciencia en China, a estabilidade política non acompañou e o país entrou nunha época de submisión internacional que caracterizou o seu século XIX.

REFERENCIAS

- [1] NEEDHAM, J.N.J.T.M.; WANG, L. (1959) *Mathematics and the sciences of the heavens and the earth*. Science and civilisation in China. Vol. 3. Cambridge U. P.
- [2] DU, S.R. (1990). Science during the Ming and Qing dynasties: contact between Chinese and Western civilizations. *Impact of science on society*, 160, 349-355.
- [3] MARTZLOFF, J.C. (2007). *A History Of Chinese Mathematics*. Springer.
- [4] HART, R. (2013). *Imagined Civilizations: China, the West, and the first encounter*. JHU Press.
- [5] OLERICH, R.L. (2017). *An Examination of the Needham Question: Why Didn't China Have a Scientific Revolution Considering Its Early Scientific Accomplishments?*.
- [6] *Overview of Chinese mathematics - Mac Tutor History of Mathematics*. (consultado 21/07/2024), enlace: https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/HistTopics/Chinese_overview/.

Descubriendo a Rosa M. Crujeiras

Francisco Estévez Lengua

A profesora **Rosa M. Crujeiras Casais** é catedrática de Estatística e Investigación Operativa na *Universidade de Santiago de Compostela* (USC) e directora científica do *Centro de Investigación e Tecnoloxía Matemática de Galicia* (CITMaga). Recentemente, foi galardoada co premio SEIO-Fundación BBVA á *Mellor Contribución Metodolóxica en Estatística* polo seu artigo “A general framework for circular local likelihood regression”, publicado no *Journal of the American Statistical Association*.

Este traballo, realizado en colaboración coas profesoras **María Alonso Pena** (USC) e **Irène Gijbels** (Universidade Católica de Lovaina), propón unha metodoloxía innovadora para analizar datos circulares. A súa investigación ofrece un marco teórico sólido e validación práctica mediante simulacións.

A súa traxectoria destaca pola excelencia investigadora e o desenvolvemento de ferramentas estatísticas aplicables en diversos campos.

- F: Tiven a oportunidade de cursar a materia optativa de Modelos de Regresión e Análise Multivariante contigo. Consideras importante integrar a investigación na docencia? De que maneira cres que isto enriquece a formación do estudantado?
- R: Eu creo que si. Por unha banda, axúdavos a poñer en contexto quen somos as persoas que vos damos clase, que facemos algo máis, e que ademais levamos a cabo investigacións moi importantes, porque nesta facultade e nesta universidade fanse achegas fundamentais no ámbito da investigación.

Ademais, eu decanteime pola estatística porque un día, en Inferencia en terceiro, chegou Wenceslao e díxonos: «Hoxe non damos clase. Acabamos de resolver un problema importantísimo». Levaban máis de dez anos tentando predicir os picos de contaminación por dióxido de xofre na central térmica das Pontes, e o día anterior foran quen de detectalos con suficiente antelación para que na central puidesen cambiar o carbón propio polo carbón de importación, reducindo así os picos de emisión e contaminando menos.

Entón, pensei: “Este señor que me está explicando o estimador de máxima verosimilitude fai isto”. E claro, isto ten un impacto directo sobre as nosas vidas. Para min, foi moi importante que nos contasen que son algo máis que docentes, que son PDI, que investigan pero que teñen que ensinar. E se vós non estades, o noso traballo non ten razón de ser.

- F: Unha dúbida que lle pode xurdir ao estudantado, e non sei se concordas comigo, é que non todo o profesorado fai investigación nin está no mesmo caixón que o PDI.

- R: É certo, pero eu creo que, como institución, temos unha responsabilidade nese sentido. Todo o mundo que está aquí é moi válido para investigar. Hai que ofrecer oportunidades e crear o contexto axeitado. Eu son dunha promoción que viviu unha época moi boa: había moitas bolsas, e eu fun das primeiras persoas cuxa bolsa se converteu nun contrato. Había moitas oportunidades. Ti podías vivir coa túa bolsa e, despois, cun contrato posdoutoral. Nós puidemos marchar e tamén puidemos volver.

- F: E ti fíxeches isto aquí, doutorácheste en Santiago?

- R: Pois si, eu doutoreime aquí. Tiña unha bolsa FPI que despois pasou a ser un contrato FPI, pero que me permitiu facer unha estadía nos Estados Unidos, na North Carolina State University, despois na London School of Economics e, finalmente, rematei a tese estando na Universidade de Granada. Fixen tres estadías de catro meses cada unha.

Creo que as oportunidades de hoxe non son tan boas como as que nós tiñamos. Despois da tese, estiven aquí un ano cun contrato posdoutoral. Máis tarde, marchei a Bélxica para facer un posdoutoramento na Universidade Católica de Lovaina. Logo volví como interina de substitución, impartindo moitas, moitas horas de clase.

Tiven sorte de pertencer a unha xeración de relevo, cando comezaron algunhas xubilacións. E agora, nos próximos anos, tamén haberá unha boa renovación.

- F: Durante a túa formación, como experimentaches os avances da estatística? Que había de diferente entre como se ensinaba daquela e como se ensina hoxe?
- R: Non ten nada que ver con como o facemos agora. Absolutamente nada que ver. Quizais as cousas comezaron a cambiar na materia de Modelos de Regresión de cuarto. Tiñamos prácticas de ordenador con SPSS, e creo que foi a primeira vez que vin un conxunto de datos para analizar.
- O enfoque era moi teórico, aínda que na investigación si se traballaba con datos. Pero, por exemplo, non tiñamos Estatística en primeiro. Comezabamos con Probabilidade en segundo, despois Inferencia Estatística, e xa en quinto tiñamos Estatística Matemática, con procesos estocásticos, regresión e análise multivariante.
- F: Como evolucionou a túa visión sobre a estatística?
- R: En canto á estatística como disciplina en xeral, quizais non teña moita perspectiva, pero si vexo a enorme

cantidade de campos nos que estamos presentes e nos que somos necesarios. Hai moitos anos sería impensable que un estatístico estivese en Filoloxía, e hoxe é necesario, porque, por exemplo, no ámbito das humanidades dixitais cada vez manexan máis datos e precisan de nós para extraer información. No ámbito da lingüística atopamos algúns dos retos máis interesantes. Lembro un problema que nos formularon desde Filoloxía, relacionado coa dialectoloxía perceptiva, é dicir, como a xente percibe os dialectos. Querían preguntarlle ás persoas de que lugar crían que era unha determinada audición, e estas debían marcar nun mapa a súa resposta. O obxectivo era tratar de relacionar esa percepción co punto real de orixe do falante, tendo en conta outras variables. Para abordar este problema, tivemos que deseñar medidas baseadas en conxuntos aleatorios e pensar como integrais adecuadamente.

Creo que o gran reto que temos hoxe, que non existía hai uns anos, é a enorme cantidade de datos que se recollen. Estamos no contexto do Big Data, pero esa é unha cuestión dos tecnólogos; os informáticos encárganse de almacenalos. Para min, o verdadeiro desafío está no Complex Data. Os datos son cada vez máis complexos: un dato pode ser un mapa, un escáner 3D dun tumor, ou calquera outro obxecto estruturado ou non estruturado. Nós traballamos moito con obxectos xeométricos, como círculos e esferas, e tamén en variedades.

O noso obxectivo sempre é deseñar ferramentas que nos permitan describilos e desenvolver métodos inferenciais para modelar e analizar as súas relacións de dependencia.

- F: Se poideras elixir un superpoder matemático, por exemplo, ser capaz de visualizar tendencias ocultas ou ver patróns invisibles, cal sería? E como o usarías no teu día a día?
- R: As tendencias do cambio climático. Ser capaz de transmitir mellor o que está a acontecer. Fixemos algúns estudos nesta liña e atopámonos cunha gran barreira: a percepción. A nosa percepción do cambio climático é moi subxectiva. O primeiro indicador no que pensamos adoita ser a temperatura, porque tendemos a ver todo a unha escala moi local, cando en realidade hai que analízalo en grandes escalas.

Creo que, dentro da comunidade científica, e en particular as persoas que nos dedicamos á análise de datos, non fomos quen de comunicar con suficiente claridade como se deben interpretar estas cuestións. Por exemplo, como debemos analizar a temperatura do mar ou entender que os eventos extremos serán cada vez máis frecuentes.

Vémolo, por exemplo, co fenómeno da DANA: hai un gran descrédito da información científica porque a sociedade ten dificultades para comprender a incerteza. Os resultados que se transmiten sempre levan asociado un certo grao de incerteza, e é fundamental que a xente sexa consciente diso.

- F: Consellos para futuros/as matemáticos/as. Que habilidades ou aptitudes consideras esenciais para quen se está iniciando no mundo da investigación?

- R: A capacidade crítica e a creatividade. Creo que deben ir da man para poder pensar máis aló dos marcos aos que estamos acostumados. A creatividade é fundamental para buscar novos camiños e, sobre todo, para formular novas preguntas, que é o máis importante, non si? E a capacidade crítica permítenos valorar o que xa está feito, pero tamén cuestionar aquilo que parece preestablecido ou as formas tradicionais de facer as cousas.

E, por suposto, é imprescindible ter competencia e unha gran capacidade de aprendizaxe.

- F: Para ti que significa CITMAga. Que concepto lle das e cal é a misión do centro dentro do panorama da investigación en matemáticas e tecnoloxía?

- R: Para min, o CITMAga é a gran oportunidade para aglutinar as capacidades científicas matemáticas de Galicia. É unha aposta non só da Universidade de Santiago, senón das tres universidades galegas e da comunidade matemática. É unha iniciativa que xorde desde abaixo, desde o colectivo investigador, e que ascende ás universidades. Creo que nos permite posicionarnos no ámbito estatal e falar de ti a ti cos grandes centros. De feito, estamos ao nivel ou mellor en moitos aspectos, xa que somos moi competitivos en investigación e en proxectos. Ninguén forma tanto como nós. Todos os centros son de investigación, todos publican e teñen proxectos, pero somos nós os que diriximos máis teses e os que temos maior actividade de transferencia no tecido produtivo.

- F: Que cres que acontecería na USC se unha muller matemática e investigadora se convertese en rectora da USC?

- R: Na USC debería darse a oportunidade de ter un equipo que liderase, escoitase e traballase en colaboración co estudantado, profesorado e PTXAS, cunha visión de futuro que permita aproveitar os retos e ter éxito.

A universidade deume moito, e sinto a responsabilidade de devolver algo do que recibín. Sempre colaborei con ela, porque é a miña universidade, e non importa quen esté ao fronte, o importante é que nos vaia ben a todos.

O meu pai é mariñeiro, teño unha avoa que non sabe ler nin escribir. Meus pais casaron moi novos e na miña casa non había libros. Teño unha irmá da miña avoa que é cega e tiña libros en braille e ensinoume a ler os seus libros. Sei que os meus pais se preocupaban moito pola educación, e para eles foi un gran esforzo.

Como profesora e directora, son consciente de que transmitimos moito máis do que pensamos, e se dirixes unha universidade, tamén marcas como se deben facer as cousas. Se hai algo, ten que chegar.

Matemáticas, intelixencia artificial e cambio climático?

Laura Salgueiro Sánchez

Ao estudarmos unha carreira sempre deberíamos saber cales son as súas aplicacións e cales son os campos onde ten máis éxito ou prestixio. A carreira de Matemáticas, en particular, presenta moitas saídas laborais por estaren as matemáticas practicamente en tódolos lugares. Pensando campos nos que destaquen, hai un en concreto que está tendo moita repercusión nos últimos anos: a Intelixencia Artificial.

Esta disciplina pode dividirse en dous grupos: a intelixencia artificial simbólica e a intelixencia artificial subsimbólica. O primeiro grupo é en xeral o menos coñecido; trabállase, sobre todo, con algoritmos clásicos e con sistemas expertos. O segundo grupo é o que imos tratar neste artigo, pois é onde se atopan os grandes modelos de intelixencia artificial que tanto estamos escoitando ultimamente; sistemas que “aprenden”. E é aquí onde entran as matemáticas dun xeito fundamental, pois o algoritmo de aprendizaxe baséase nun concepto moi simple para calquera persoa con coñecementos matemáticos: as derivadas.

Pero antes de explicar o algoritmo de aprendizaxe, vexamos brevemente como funcionan estes sistemas. Xeralmente están construídos cunha arquitectura chamada rede neural que, dada unha entrada, xera unha saída a través dunha serie de sumas ponderadas que se van avaliando en distintas funcións. En concreto, un vector de entrada multiplícase escalarmente por diferentes vectores “peso” e a saída de cada produto é avaliada nunha función. Co vector resultante de xuntar todos estes valores, realízase o mesmo procedemento, utilizando outros vectores “peso” diferentes. Este proceso faise sucesivas veces (o número depende do problema a tratar) ata a saída final.

O problema deste método é que o resultado que xera non ten por que aproximarse ao resultado desexado, podendo dar calquera valor de saída para unha entrada dada. Isto ocorre porque eses vectores “peso” non están estipulados. Cada problema ten uns vectores específicos que dan a solución desexada. Entón, como obter estes vectores? É aquí onde entra o algoritmo anteriormente mencionado, pois o que aprende o sistema son eses vectores “peso”. Este algoritmo coñécese co nome de algoritmo de retropropagación, pois comeza axustando eses pesos dende o final cara ao principio. A idea é moi simple. Os vectores “peso” inicianse con valores aleatorios (dentro dun certo rango). Agora, supoñamos que para unha entrada dada, a saída correspondente tivera que ser un certo vector de dimensión $n \in \{2, 3, 4, \dots\}$, $(y_1, \dots, y_n)$ (no caso $n = 1$, a saída sería un número). Porén, tras a execución obtemos unha saída $(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_n)$. Entón, o algoritmo de retropropagación pregúntase: canto ten que cambiar o último grupo de vectores “peso” para que a saída actual se aproxime máis á desexada? E este valor pode

sabelo grazas ás derivadas, pois o obxectivo é minimizar unha certa función de erro. Unha vez visto isto, faise a mesma pregunta, mais referida ao cambio do penúltimo grupo de vectores “peso”, que, de novo, obteno calculando derivadas. Este proceso repítese sucesivamente ata chegar ao primeiro grupo de vectores “peso”.

A priori parecen cálculos sinxelos, pois só son derivadas, e podemos pensar que un ordenador estándar pode calculalas nun tempo razoable sen maior problema. Porén, o proceso que acabamos de describir só axusta os pesos para unha entrada determinada, o que non implica que o sistema funcione ben para tódalas entradas (o caso máis simple é que para unha entrada, a súa saída teña que ser o vector cero e entón se poñan tódolos pesos a cero para axustala perfectamente). Por tanto, este axuste temos que facelo para moitas entradas, para que os pesos tomen uns valores que minimicen a función de erro en tódalas entradas (este proceso denomínase adestramento). Deste xeito, interpolando, o sistema final poderá dar bos resultados para entradas cas que non minimizou esa función de erro. Mais non basta con realizar unha pasada das entradas unha única vez, pois pode ser que ao sistema non lle sirva para axustar os pesos (hai que ter en conta que os cambios que fan dependen da orde na que se introduzan as entradas), polo que este proceso ten que repetirse sucesivas veces para que os pesos se estabilicen correctamente.

Agora xa hai que facer bastantes máis cálculos, pero aínda así, pódese seguir pensando que os ordenadores son potentes e non deberían ter dificultades para realizalos. E isto é certo se estamos falando de modelos pequenos, onde o número de parámetros (pesos) a estimar non é moi grande. Porén, a arquitectura GPT-3, por exemplo, ten 175 mil millóns de parámetros, que xa son bastantes a estimar. Polo tanto, hai que executar o algoritmo de retropropagación (cambiar o valor deses 175 mil millóns de pesos) moitas veces para cada entrada (e adéstrase con moitas entradas (as versións de chatGPT adestráronse con toda a wikipedia en inglés, ademais doutros textos da internet)).

E canto tempo leva adestrar modelos así? Ao redor de 3 meses, dependendo do modelo. É dicir, implica ter, durante 3 meses, supercomputadores traballando 24/7 ao seu máximo potencial. É dicir, implica alimentar a eses supercomputadores con enerxía para que poidan realizar os seus cálculos. É dicir, implica coller enormes cantidades de auga para refrixeralos. Sintetizando, un adestramento destes modelos utiliza unha grande cantidade de recursos. Pero como se pode traducir o consumo dun adestramento destes modelos? Pois dependendo do modelo a analizar, pode chegar a ser comparable ao consumo de enerxía da cidade de Nova York nun día [1]. Pola súa banda, o consumo de auga é ao redor de 700.000 litros por adestramento [2] (aínda que depende, de novo, do modelo).

Hai que ter en conta que estes modelos non se adoitan adestrar unha única vez (pois como dixemos antes, o número de sumas ponderadas e pesos varía segundo o problema a tratar, e é tamén un valor a descubrir durante a repetición de adestramentos), e que non só gastan recursos neste

proceso, senón tamén cando a xente os utiliza. Pedirlle a un modelo crear unha certa imaxe pode gastar tanta enerxía como a necesaria para cargar un móbil. Para resolver unha consulta de 100 caracteres, o modelo chatGPT gasta medio litro de auga [3]. E estas cifras van a máis, pois grandes potencias como Estados Unidos pretenden utilizar modelos de intelixencia artificial que consuman tanto como países enteiros [4].

Agora nós como estudantes de Matemáticas temos que plantexarnos varias cousas. A primeira, é necesario todo isto? A intelixencia artificial pode resolver moitos problemas, pero ata que punto imos exprimir ao planeta para conseguir, en moitos casos, cousas inútiles? Véxase facer consultas a chatGPT para pasar o rato, xerar imaxes cando non é necesario, etc.¹

A segunda cuestión sería, que podo facer eu cando remate o grao en Matemáticas? Vimos antes que a causa de tal gasto de recursos era o sucesivo cálculo de derivadas para axustar os valores deses vectores “peso”, ademais do número de probas de adestramentos (ao variar en cada adestramento o número de pesos). Non haberá outra forma de que o sistema aprenda sen utilizar un método que requira tantas operacións? Estudos matemáticos intentaron mellorar este método, pero apenas o conseguiron. Tal vez hai que operar doutro xeito e cambiar o algoritmo de retropropagación? Ou tal vez será mellor intentar atopar unha forma máis teórica para saber (ou aproximar) o número de pesos que hai que estimar para que un certo sistema funcione ben? Porque agora estase usando un método de proba e erro: adestro cun certo número de pesos, se non funciona ben, adestro con outro número diferente... En calquera caso, mentres non deamos atopado resposta, sexamos conscientes do que implica e intentemos usar as ferramentas que nos dan de forma óptima: minimizar a enerxía utilizada maximizando a nosa produtividade.

REFERENCIAS

- [1] Pablo Gamallo Otero. Ciclo Avances 2023: Tecnoloxías lingüísticas e o Proxecto Nós, <https://www.youtube.com/watch?v=6AZmDdLRccY&list=PLhJ2OQ5YZMD0glrwAyQwYDalkQgZn4IuS&index=11>
- [2] UC Riverside and UT Arlington. Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models, <https://arxiv.org/abs/2304.03271>
- [3] National Geographic. La sed de ChatGPT: La cantidad de agua que consume la IA es alarmante, https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/agua-que-gasta-chatgpt-y-otros-modelos-ia_23812
- [4] Xataka. Estados Unidos ha proyectado una demanda de energía salvaje: más electricidad que Francia solo para alimentar la IA, <https://www.xataka.com/energia/estados-unidos-ha-proyectado-demanda-energia-salvaje-el-ectricidad-que-francia-solo-para-alimentar-ia>

¹Para os que queiran profundar no tema, na seguinte entrevista, Wim Vanderbauwhede, investigador na Universidade de Glasgow, fai unha boa análise da situación climática da Intelixencia Artificial (<https://www.ctxt.es/es/20250201/Politica/48565/Elena-de-Sus-entrevista-Wim-Vanderbauwhede-IA-deepseek-medioambiente>).

Retos Matemáticos



XOGOS DE PERIÓDICO

Resolve o seguinte Sudoku:

2			9		1			
3	5			7				
	4		3		6	5		2
	9				7		2	
	7		1					
4			6					
9		7			2			5
5	2	3		1		4	7	
6						2		8

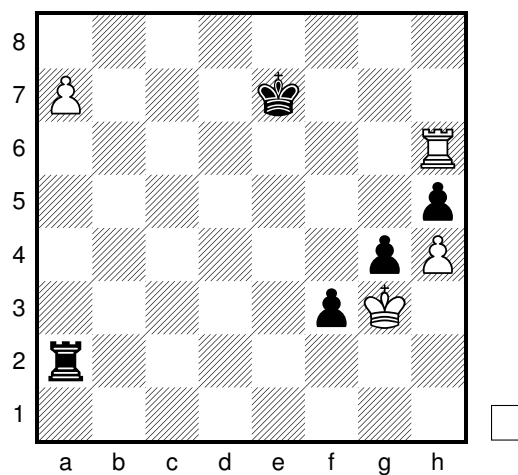
Solución do Sudoku:

8	9	2	5	3	7	4	1	6
9	7	4	6	1	8	3	2	5
5	3	1	2	4	9	8	6	7
4	3	6	7	9	5	1	8	2
1	5	7	8	6	2	3	4	9
7	6	1	2	3	9	5	4	8
2	8	4	7	5	1	6	9	3
3	2	9	5	6	4	7	8	1
6	1	8	3	9	7	2	5	4

Solución do xadrez:

♖g8 9
 ♜x♞+♜x♞ 5
 ♜x♞+♜x♞ 4
 ♜=♞ 3
 ♜x♞ 2
 ♜x♞+♜x♞ 1

Moven para gañar as brancas...



Descubrimos a cita do número anterior:

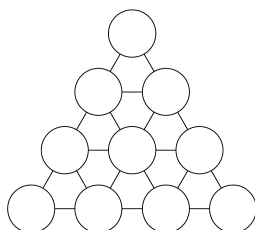
“Un matemático non é digno dese nome se non é un pouco poeta.”
 — Karl Weierstrass (1883)

Eres quen de recuperar a cita cifrada?

"5A73 A 5AFA 3T 3TN3M37PM15 5A5U0C 5A 53DN3TN3 N0N 5AC1TAM3TAM N3".
 — John von Neumann (1979)

PROBLEMAS PROPOSTOS

1. Sobre un taboleiro con forma de triángulo equilátero de filas n (a figura sería $n = 4$) xógase un solitario. Sobre cada casilla colócase unha ficha branca por un lado e negra polo outro. Inicialmente só unha ficha situada nun dos vértices ten o lado negro cara arriba, as demais teñen o lado branco cara arriba. En cada movemento do xogo retírase soamente unha ficha negra do taboleiro e se lle dá a volta a cada unha das fichas que ocupa unha casilla veciña (é dicir, ás que están unidas por un segmento). Despois de varios movementos, é posible quitar tódalas fichas do taboleiro?



Solucións do nº anterior:



2. Colócanse 2004 fichas brancas por un lado e negras polo outro nunha circunferencia. Ao comezo todas salvo unha teñen a cara branca cara arriba. Podemos realizar un movemento que consiste en seleccionar unha ficha que teña a cara negra cara arriba e darlle a volta tanto á ficha escollida, como ás dúas adxacentes. Poderíamos empregando este movemento chegar a que tódalas fichas teñan a cara branca cara arriba?

Euler foi un xenio das Matemáticas, pero aínda así, non tivo a sorte de ler Máis Mates antes de quedarse irremediabilmente cego. Gauss posiblemente se aburría moito entre clases, algo que podería ter remediado se se lle ocorrese inventar Máis Mates. Hipatia tampouco a tivo nas súas mans, pero seguro que gozaría das cónicas da portada. Se cadra Galois podería ter achado a fórmula de Máis Mates, pero morreu demasiado novo... E ti? Ti tes Máis Mates ao alcance da man!

Máis Mates é un proxecto en forma de revista do alumnado para o alumnado, o proxecto co que todos eses egrexios persoeiros soñarían. Cada mes, traémosvos novos artigos con pequenas anécdotas da historia das matemáticas, as últimas novas, entrevistas, pasatempos, pequenos petiscos en diversos temas que ao mellor non se tratan en profundidade na carreira... En definitiva, todo o que esperta a nosa curiosidade como alumnas e alumnos, e que quizais esperte tamén a túa!

Estamos aí para que desconectes na metade dunha dura sesión de estudo, ou para todo o que se che ocorra. Lenos, coméntanos, compártenos, escríbenos e colabora con nós!



FACULTADE DE MATEMÁTICAS



Accede á revista!

revistamaismates@gmail.com

