

Om djurs tänkande

Patrik Lindenfors skriver om ett ämne som han upptäcker är mer kontroversiellt än han anade.

DEN HÄR ARTIKELN har en historia. Från början skrevs den på uppdrag av *Forskning & Framsteg*, Sveriges främsta populärvetenskapliga tidskrift. Men eftersom den beskriver analyser som går på tvärs med andras forskares verksamhet uppstod det diskussioner. Tidskriften kom därför fram till att det vore bättre om en neutral journalist skrev artikeln än jag, som är part i målet. Artikeln handlar nämligen om ny forskning vid min arbetsplats: Centrum för evolutionär kulturforskning vid Stockholms universitet. Ett klokt redaktionellt beslut av *Forskning & Framsteg*, tveklöst. Men det vore synd om texten hamnade i papperskorgen. Här kommer därför en (partisk) skildring av ny forskning kring djurs tänkande.

Inom forskningen pågår sedan länge en diskussion om ifall djur kan resonera och planera. Nu har en grupp svenska forskare presenterat forskning som kan bringa reda i



Aisopos

diskussionen genom att förklara komplexa beteenden utifrån grundläggande inlärningsmekanismer. Men inte bara det – modellen har potential att förklara all inläring och evolution av komplexa beteendesequenser hos djur överhuvudtaget. Forskningen är dock inte populär i alla läger då den skjuter omkull en del omhuldade föreställningar om djurs intelligens.



Med associativ träning kan även en humla läras upp.

Kan djur *fundera* på problem och *tänka* sig fram till lösningar – har de det som forskare kallar *kausal förståelse*? Den här frågan har man länge försökt besvara med hjälp av så kallade "Aisopos fabel-experiment". Namnet kommer från den grekiske fabeldiktaren Aisopos berättelse om en törstig kråka som kommer åt vatten ur en kanna genom att släppa ner småsten och på det sättet lyckas höja vattenytan.

I experimenten låter man matbitar flyta på vattenytan i olika provrör och erbjuder fåglarna ett urval av olika objekt att släppa i. Flera arter av kråkfåglar har deltagit i den här sortens experiment, bland annat Nykaledonienkråka, råka och nötskrika. Men att släppa stenar i vatten så att vattenytan höjs är inte en del av kråkfåglarnas naturliga undersökande beteenden. För att kunna testa om de kan

lösa den här typen av problem måste man därför först lära dem att det finns en lösning inom räckhåll – man är tvungen att *träna* dem. Fast med hjälp av träning kan man få alla möjliga djur att utföra avancerade beteenden.

Ett aktuellt exempel är att man har lärt humlor att dra i ett snöre för att få mat. Först fick humlorna lära sig att hitta mat i konstgjorda blommor. Efter att de hade lärt sig detta puttade man de konstgjorda blommorna längre och längre in under en plexiglasskiva. En del humlor lärde sig efter lång träning att dra ut blomman för att komma åt maten. Till slut hade det gått så långt att vissa humlor – men inte alla – lyckats lära sig att dra ut blomman med hjälp av ett snöre. Den här sortens inläring fungerar enligt en princip som kallas för *associativ inläring*, då djur lärs att associera två saker med varandra, till exempel en konstgjord blomma med mat.¹

Tre forskare vid Centrum för evolutionär kulturforskning vid Stockholms universitet, Magnus Enquist, Johan Lind och Stefano Ghirlanda, har nu konstruerat en modell av djurs inläring som visar hur djur genom associativ inläring lär sig komplicerade beteendesequenser genom att kedjor av belönade beteenden sätts samman baklänges, där djur först lär sig det beteende som är närmast belöningen (hitta mat i den konstgjorda blomman), för att sedan lära sig beteendet precis innan det (pilla fram blomman från under plexiglasen), och så vidare (dra ut blomman med snöret) – en metod djurtränare har använt sig av i långa tider.

Det är denna metod man använder för att lära kråkfåglar släppa småsten i provrör. Först belönar man ett naturligt beteende – vissa kråkfåglar pillar till exempel gärna



Nötskrika

i hål med pinnar. Sedan övergår man till att bara erbjuda småstenar, varpå fåglarna använder dessa istället och på så sätt lärs att släppa ner stenar i rör. Till slut fördröjer man belöningen så att kråkorna bara får en belöning efter att ha släppt ner till exempel fyra stenar i röret.

Tack vare träningen vet fåglarna därför vad de ska göra i experimenten. Släpp ner stenar i röret så kommer så småningom en belöning. Därför testar man i stället något annat: om fåglarna förstår skillnaden mellan att exempelvis släppa ner stora eller små stenar, ihåliga respektive solida föremål, vad som händer om rören är fyllda med sand eller med vatten? Kan fåglarna förstå skillnaden mellan dessa försöksupställningar?

Slutsatsen har länge varit att fåglarna kan *tänka* ut lösningar den här sortens problem typen. Ett resultat kan exempelvis vara att efter 20 försök använder fåglarna rätt lösning i mer än 70 procent av fallen. De har förstått problemet och löst det.

Men det är två problem med den slutsatsen. För det första, om fåglarna verkligen förstått skillnaden, varför gör de då inte rätt hela tiden – i 100 procent av fallen – som människor gör när de lärt sig något? För det andra – varför behövs 20 försök för att komma upp i den höga frekvensen rätta svar? Om fåglarna *tänker* sig fram till rätt resultat, då borde de göra rätt på första försöket. Men så är alltså inte fallet. Nya analyser som forskarteamet från Stockholms universitet har gjort visar att fåglarnas beteende vid första försöket istället ofta är helt slumpmässigt. Forskarnas slutsats är att fåglarna lär sig uppgiften under experimentets gång och då genom ”trial-and-error”.²

Vad dessa ”Aisopos fabel-experiment” egentligen visar är därför inget mer än att man kan träna kråkfåglar att utföra väldigt komplicerade beteendesequenser, och att de inte slutar att lära sig bara för att ett experiment har börjat – för hur skulle de kunna veta det? Det finns därför en enklare förklaring till de resultat andra forskare fått tidigare än att fåglarna förstår sig på kausalitet: att fåglarna lär sig genom vanlig associativ inlärning.

Det är här de tre Stockholms-forskarnas modell kommer in, för den förklarar på samma sätt potentiellt alla komplexa beteendesequenser hos djur utifrån enkla inlärningsmekanismer. Modellen utgår från något som kallas dynamisk programmering. Det här är en metod där man bryter ner komplexa problem i sina beståndsdelar och sen löser dessa var för sig. Lösningarna sparas, för att användas nästa gång ett av delproblemen dyker upp – då kan man snabbt gå tillbaka och se hur man löste det förra gången. På det här sättet slipper man räkna ut lösningen upprepade gånger, något som sparar beräkningstid.

Modellen förklarar inte bara hur det kommer sig att djur kan lära sig komplicerade beteenden som leder till att de kommer fram till rätt lösning, utan även hur djur kan fastna i beteenden som leder fram till fel lösningar. Undersöker man experiment på djurs tänkande mer generellt visar det sig nämligen att de kan lösa anmärkningsvärt komplicerade problem samtidigt som det finns oerhört enkla uppgifter de går bet på. Ett exempel på detta är en serie experiment med duvor som har utförts av den amerikanska forskaren Patricia Cronin.

DUVOR I ÅTERVÄNDSGRÄND

I ett av experimenten fick duvor picka på antingen en röd eller grön lampa. Pickade de på rött fick de mat, men pickade de på grönt fick de ingenting. Vanligtvis lär sig duvor den här sortens uppgifter på nolltid, men Patricia Cronin lade till en komplikation. Istället för att duvorna fick mat direkt så tändes en vit lampa i 60 sekunder, sedan kom maten. Den här fördröjningen medförde att uppgiften blev omöjlig för duvorna.

Svårigheten kan förklaras utifrån duvors bristande närminne. De kommer helt enkelt inte ihåg tillräckligt länge att de pickat på den färgade lampan. För att testa detta ändrade Patricia Cronin uppgiften så att duvor som pickade på rött fick se ett gult ljus under pausen, medan duvor som pickade på grönt fick se ett blått ljus. Plötsligt hade duvorna inga problem alls att lära sig – de associerade nu den första färgen med den andra, som i sin tur antingen gav belöning eller inte. Den gula lampan hade fått ett *egget värde* för duvan, då den i sin tur flera gånger hade signalerat att mat var på gång. Det duvorna

ärde sig var alltså att tända den gula lampan genom att picka på den röda.³

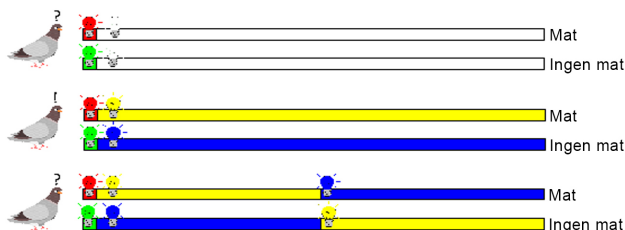
Det här illustrerar det beteendeforskare menar när de säger att djur är ”fast i tiden”, de kan bara reagera på aktuella stimuli. Vad som är aktuellt har med närminnet att göra – någonstans mellan 30 och 60 sekunder verkar det gå en gräns för i princip alla djur för hur lång tid det kan gå mellan stimuli och belöning för att de två ska associeras (förutom evolverade specialförmågor, som att man kopplar ihop illamående med senast ätna mat, även om det gått timmar emellan).⁴ Däremot kan saker och händelser få ett *eget värde* hos djuren, och det värdet sparas längre. De kommer inte ihåg färgen på en lampa som lös 60 sekunder innan maten, men associerar färgen på en lampa med ett positivt värde om den lyst precis innan mat flera gånger.

Trots detta så finns det mängder med exempel på både nedärvda och inlärdade beteenden som verkar indikera att djur kan resonera och planera. Ett exempel på ett *nedärvt* beteende som indikerar att djur kan planera är att fåglar hamstrar frön inför vintern. Ett exempel på ett *inlärt* beteende som indikerar att djur kan planera kommer från Furuviksparken i Gävle, där schimpansen Santino samlade stenar på morgonen som han senare

Mellan 30 och 60 sekunder verkar det gå en gräns för i princip alla djur för hur lång tid det kan gå mellan stimuli och belöning.

använde för att kasta på besökare.⁵ Hur kan sådana här beteenden evolvera eller läras in när närminnet är så kort?

Tre duvexperiment, där duvan bara löser problemet i mittenfallet.



Ett av Patricia Cronins experiment med duvor belyser i detalj vad som är svårt för djur att lära sig. Duvorna som pickade på röd lampa (= mat) fick nu se sekvensen gul lampa, blå lampa och fick sen mat, medan de som pickade på grön lampa (= ingen mat) fick se sekvensen blå lampa, gul lampa och blev utan. Nu borde duvorna picka på den röda (om de kunde koppla ihop sekvensen med maten) eller slumpmässigt på den röda och den gröna lampan (om de inte kunde lära sig alls). Istället började duvorna konsekvent välja att picka på den gröna lampan – den som i slutändan *inte* gav någon mat.

I duvans fall sparades återigen kunskapen om den sista färgen som gav en belöning – färgen på lampan som lös precis innan maten kom fick ett högre värde. I det första experimentet var detta ljus vitt, men det gav inte någon som helst ledtråd för duvan eftersom vitt också var ihopkopplat med att inte få mat. I det andra fallet var färgen precis innan maten gult. Duvan lärde sig då utföra det be-

teende som tände den gula lampan, det vill säga picka på det röda ljuset.

Men i det sista experimentet var det en blå lampa som tändes precis innan maten. Duvan försökte då utföra det beteende som gjorde att den blå lampan tändes – vilket var att picka på den gröna lampan. Duvorna kunde inte lära sig att de behövde sätta igång en sekvens, utan reagerade enbart på omedelbara stimuli. Duvan satte värden på beteenden och tillstånd som belönades, genom associativ inlärning, vilket i det här fallet ledde rakt in i en återvändsgränd.

Det här experimentet visar hur djurs inlärningsprocesser kan leda dem helt fel, om de lär sig fel association. Men samma process kan även leda till förvånansvärt komplicerade beteendesequenser. Det sker genom att kedjor av belönade beteenden sätts samman, precis som i dynamisk programmering och enligt samma principer som djurtränare använder.

På det här sättet uppstår beteenden som ger en illusion av att djur planerar och har kausal förståelse, trots att de bara reagerar på aktuella stimuli och inlärd associationer. Det Santino gör när han sparar på stenar är att utföra ett beteende som är omedelbart belönande, eftersom tidigare erfarenheter fått honom att sätta ett positivt värde på att ha en samling stenar (eftersom detta är associerat med vällusten i att kunna kasta saker på besökare). Med den nya modellen, som forskarna från Stockholms universitet har presenterat, blir det möjligt att förklara komplexa beteendesequenser hos djur genom det man redan vet – att djur reagerar på en kombination av stimuli de har rakt framför sig och inlärd värden.⁶

Man behöver inte göra antaganden om att djur tänker. Kedjor av belönade beteenden – associativ inläring – är en enklare förklaring.

SCHIMPANSER OCH DERAS NÖTTER

Hur lär sig en schimpans till exempel att knäcka en nöt? Forskare som studerar schimpanser har brutit ner beteendet till en sekvens av fem beteenden: plocka upp en nöt, lägg den på en sten, plocka upp en annan sten, slå till nöten och slutligen – ät. Schimpanser börjar fumla med stenar och nötter vid ungefär sex månaders ålder, men blir inte duktiga nöt-öppnare förrän efter tre till fem år. I början gör de alla möjliga saker med nöterna och stenarna, som att slänga dem på marken, sparka på dem, bita i dem och så vidare – 40 beteenden har observerats med stenar och nötter.⁷ Problemet är att om man slumpmässigt ska hitta en korrekt sekvens på fem steg där man har 40 beteenden att välja i varje steg på så är chansen en på $40^5 = 102\,400\,000$ sekvenser där bara en är rätt. Sannolikheten är så liten att det i princip aldrig skulle inträffa. Det finns dock flera orsaker till att schimpanserna ändå lär sig öppna nötter.

Hos schimpansflockar som redan behärskar konsten att öppna nötter så kan en unge få sig en smakbit när mamman öppnar nötter. På så sätt får öppnade nötter ett värde för ungen. Eftersom nötknäckande är etablerat i denna flock så finns det stenar av både hammar- och städtypen kring nöterna, något som gör att kunskapen av vad som är ett bra val av sten är mycket lättare att lära sig. Om förmågan att öppna nötter redan finns i en flock så blir alltså sannolikheten för att ungarna i flocken ska lära sig kon-



Nötknäckande är en kulturell tradition hos vissa schimpanser.

sten avsevärt högre än i flockar som inte bemästrar tekniken. Det här förklarar varför nötknäckande är en kulturell tradition hos schimpanser, där i princip *alla* individer i vissa flockar kan hantverket, medan *ingen* i andra flockar kan det – trots att båda flockarna har tillgång till både lämpliga stenar och ätbara nötter.

Schimpansernas nötöppnande är ett bra exempel hur ett avancerat beteende kan uppstå på det sättet som Stockholms-forskarnas modell förutspår. Inläringen börjar, som redan nämnts, baklänges. I detta fall handlar det om beteende som ger en omedelbar belöning: att äta en nöt. Det här etablerar ett värde på nöten. När ungen senare i sitt experimenterande med nötter och stenar råkar slå till en nöt så att den öppnas ökar värdet på beteendet att slå på nötter med stenar. Det här sätter i sin tur ett högre värde på att hålla en sten i handen, och så vidare.

I slutändan är sekvensen etablerad, helt genom associativ inlärning – inte genom resonemang, planering, eller någon initial förståelse att ”om jag slår så här borde nöten öppna sig”. Samma process krävs även första gången någon schimpans lär sig knäcka nötter, men att det händer är långt osannolikare.

Det är kostsamt i tid och ansträngning för djur att prova många beteenden där bara vissa leder till en belöning. Djur som är specialiserade på en enda sorts mat har därför evolverat till att prova förhållandevis få saker. Men om ett djur naturligt provar många beteenden är chansen förstås större att de hittar ett beteende som blir belönat än om de provar få. Det är därför generalister, som exempelvis kråkfåglar, lär sig fler saker än specialister – de har helt enkelt evolverat för att prova fler beteenden och upptäcker därmed fler beteenden som belönas.

Modellen forskarna har satt samman visar, förenklat, att djurs inlärning fungerar på samma sätt som evolution av beteenden: genom en urvalsprocess. Djur uppvisar en naturlig variation i beteenden som de provar, där vissa beteenden belönas men inte andra. De beteenden som associeras med en belöning tilldelas ett högre värde hos djuret, något som gör att de är mer benägna att testa det igen, om de hamnar i en liknande situation. Andra beteenden, som inte associeras med en belöning, sällas istället bort. På det här sättet gallras belönade beteenden fram medan obelönade beteenden försvinner. Den här processen är likadan, vare sig det handlar om inlärning eller evolution av komplexa beteenden.

Det forskarna har formulerat är därför inget annat än sensationellt: en generell modell som förklarar både evo-

lution och inläring av komplicerade beteenden utifrån grundläggande psykologiska principer. 📖

Referenser

- [1] Alem S, Perry CJ, Zhu X, Loukola OJ, Ingraham T, Søvik E & Chittka L 2016 Associative mechanisms allow for social learning and cultural transmission of string pulling in an insect. *PLoS Biology* 14: e1002564. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002564
- [2] Ghirlanda S & Lind J 2017 'Aesop's fable' experiments demonstrate trial-and-error learning in birds, but no causal understanding. *Animal Behaviour* 123: 239–247. DOI: 10.1016/j.anbehav.2016.10.029
- [3] Cronin PB 1980 Reinstatement of postresponse stimuli prior to reward in delayed-reward discrimination learning by pigeons. *Animal Learning & Behavior*, 8: 352–358. DOI:10.3758/BF03199616
- [4] Lind J, Enquist M & Ghirlanda S 2015 Animal memory: A review of delayed matching-to-sample data. *Behavioural Processes* 117: 52–58. DOI: 10.1016/j.beproc.2014.11.019
- [5] Osvath M & Karvonen E 2012 Spontaneous innovation for future deception in a male chimpanzee. *PloS ONE* 7: e36782. DOI: 10.1371/journal.pone.0036782
- [6] Enquist M, Lind J & Ghirlanda S 2016 The power of associative learning and the ontogeny of optimal behaviour. *Royal Society Open Science*. Published online 30 November. DOI: 10.1098/rsos.160734
- [7] Inoue-Nakamura N & Matsuzawa T 1997 Development of stone tool use by wild Chimpanzees (*Pan troglodytes*) *Journal of Comparative Psychology* 111: 159–173. DOI: 10.1037/0735-7036.111.2.159