

·科学博客·
文/胡 锋

向左走,向右走?

向左走还是向右走?生活中存在着数不清的选择,有些重要,有些不重要。对单个人来说,某些时候一旦选择错误,后果很严重。这个问题在同名漫画、影视剧中都已作了充分讨论。

对于作群体运动的动物而言,这个问题更加复杂。比如空中欧椋鸟组成的鸟群、海洋中沙丁鱼组成的鱼群、形成蝗灾的蝗虫群体,数量从几百几千(鸟群)到几十万(鱼群),甚至超过百万(蝗虫群)。在这么一个庞大的群体中,群体的行进方向又如何确定呢?个体的选择对群体的选择又有怎样的影响?

近来,随着计算机性能的飞速提高,这个问题也受到了越来越多的生物学家、物理学家和计算机学家的重视,这个隐藏在群体中的秘密也正在被一点一点地揭开。目前研究这类问题常用的方法是计算机模拟加上实验。研究者在计算机上编写一个程序(对生物学家的新挑战),在这个程序中会虚拟出一个动物群体,并且假设这个群体中的个体的运动规则,比如个体如何选择方向,个体间的相互作用等。然后让这个虚拟的动物群体运动起来,最后比较计算机的模拟结果与真实动物群体运动结果。如果两者结果定性上差别很大,那么模型的假设中肯定有原则上的错误(注意并非程序本身的错误);如果两者差别不大,那么模型可能抓住了真实动物群体的重要因素。这个模型也有待于新的实验检验。

2006年,牛津大学的生物学家 Buhl 博士和他的同事,就在计算机和实验室中研究了蝗虫群体是如何运动的。为了在计算机中模拟蝗虫群体的运动,Buhl 博士用到了一个由物理学家 Vicsek 在 1995 年发明的“自推动粒子”模型(self-propelled particle model)。这个模型很简洁,对个体间的相互作用假设就一条,即每个个体根据周围邻居行进的平均方向决定自己下个时刻速度的方向、速度的大小恒定。通过这个模型,发现如果当群体密度足够大,个体在确定自己方向时出现的错误偏差(“虫”非圣贤,岂能无过)足够小,这个偏差也被称为“噪声”,群体中的所有个体会向着同一个方向运动。向左或者向右都是可能的,与初始时刻群体中个体的状态有关。Buhl 博士在一个直径约为 1 米的圆盘状的平台



本文作者 胡锋,重庆师范大学物理学与电子工程学院教师。图片为本文作者。

博客链接 <http://www.sciencetimes.com.cn/blog/hufeng.htm>

栏目主持人 王飞跃,中国科学院自动化研究所研究员,电子信箱:feiyue@ieee.org。

上放置了蝗虫群体,圆盘的中央部分是凸起的,四周有护栏,所以蝗虫只能沿着圆盘的边沿顺时针或者逆时针行进,并且除了自己附近的邻居外看不到其他同伴的运动状况。根据“自推动粒子”模型的模拟结果,如果蝗虫群体的密度很小,比如只放了 10 只蝗虫在圆盘中,那么每一只蝗虫都毫不在意周围的同伴,自己决定沿逆时针还是顺时针走动;如果蝗虫群体的密度很高,比如放入了 60 只蝗虫,那么所有蝗虫经过短暂的调整后沿着一个方向行进,群体有了一个确定的行进方向,并且在实验进行的 8 个小时内群体的方向一直不变。

最有趣的现象发生在群体密度不低又不高的时候。根据“自推动粒子”模型,群体应该是先向着一个方向运动,过了一段时间后,群体会“突然”地转向。这种行为似乎有些不可想象,走得好好的一个群体,怎么会“突然”换方向呢?这也许只是计算机上那些莫名其妙的 0-1-0-1 所产生的结果吧。

Buhl 博士在圆盘中放入了 20 只蝗虫,对应于模型中的不高不低的密度状态。通过 8 个小时的观察,发现它们的行为确如模型所预测,在向一个方向行进了一到两个小时,会在几分钟内,通过调整,整个群体“突然”转向。这个计算机模拟的推断与实验室实验的符合令人兴奋,这也表明在圆盘上行进的蝗虫自觉地遵守“自推动粒子”模型中对虚拟蝗虫设定

的行为规则。

研究进行到这一步,也许生物学家可以自豪地宣称“我们已经弄清楚了实验室中蝗虫群体运动的规律”。但是,物理学家还未尽兴,他们继续追问,在“自推动粒子”模型中,为什么密度不高不低的时候,群体运动的方向会突然改变呢?物理学家用 Fokker-Plank 方程这个重型武器,加上计算机模拟,这个问题才有了答案。原来最终的原因是“噪声”,即个体决定自己方向时的不确定性的积累导致了群体方向的突然变化。当群体规模很大时,噪声的积累效应对群体的方向“惯性”的影响可以忽略。仅仅当中等规模时,噪声的积累效应刚好可以抗衡群体的方向“惯性”,进而在一定的时间内改变群体的行进方向。从这个研究可以推测,也许蝗虫群、鱼群、鸟群等群体动物运动时的突然转向并没有特别的原因,不过是噪声在群体内的积累造成的后果。

群体的方向选择似乎是偶然因素决定的。密度很高时由群体中初始时刻个体的状态决定;密度不高不低时,噪声会改变群体的运动方向。难道“向左走还是向右走”这个问题对动物群体没有意义吗?答案是,某些时候确实没有,比如在世界上很多地方黄昏时,欧椋鸟归巢,成百上千的个体会形成群体作各种空中表演,这个时候,你很难说群体运动的方向有什么意义。再比如吃饱了食物后,在水缸中游动的鱼群和在圆盘中行进的蝗虫群体,这些运动没有寻找食物或者产卵地点的任务,因而方向的选择不重要。但另一些时候,群体的方向选择至关重要,比如寻觅食物、筑巢地点,如果走错了,也许整个群体就会灭亡。这个也是最近刚开始研究的课题,涉及到信息如何在群体中传播,群体运动的方向与信息质量及其传播方式的关系等。

~~~~~博友热议~~~~~

* 人类的行为也有类似特点,有幅漫画描述了一个问题:两个带了伞的人相向而过,一个打伞,一个没打伞,擦肩而过之后,原来打伞的人收起了伞,而原来没打伞的人撑起了伞。

(责任编辑 李娜)