

Genetische verwantschap tussen personen via het X/Y chromosomen paar

Günther P. Können, Soest, The Netherlands

Private Document 2010/02(NL)

21 Feb 2010, herzien 27 dec 2010

Samenvatting

Bij verwantschap in het sexgerelateerde chromosomenpaar werkt het anders dan bij de gewone chromosomen; de tellingen om verwantschap tussen man/man, vrouw/vrouw en man/vrouw gaan voor dat chromosomenpaar dus ook anders. Een van de gevolgen hiervan is dat zusters biologisch gezien nauwer met elkaar verwant zijn dan met hun moeder of met hun eigen dochters.

1. Achtergrond

Het verwantschapformuleetje [Vgl (2) in dat andere stuk]

$$Fract = Rel = \sum_{all.strings} \left(\frac{1}{2}\right)^n \quad (1)$$

(n is het aantal stappen) geldt voor alle 22 niet-sexgerelateerde chromosomenparen (de zogenaamde autosomes). Ik noem die grootheid nu Rel_{auto} . Je hebt dan voor het totaal:

$$Rel = \frac{22}{23} Rel_{auto} + \frac{1}{23} Rel_{sex} \quad (2)$$

waar Rel_{sex} staat voor de verwantschap in het sexgerelateerde paar.

2. Toepassing

a. Vrouw-vrouw (verwantschap via X-chromosomen)

Bij vrouwen heb je alleen maar met X chromosomen te maken. Gezien vanuit een vrouw, is de vader haploïd, want hij heeft maar één X chromosoom. Dit is dezelfde situatie alsof hij een inteeltfiguur is, dus homozygoot op zijn sexgerelateerde chromosomen. De tellingen langs de genetische ketens gaan hetzelfde als normaal, behalve dat:

1. een stap die via een man loopt wordt overgeslagen (hij heeft immers maar één X chromosoom, en die wordt onveranderd een dochter doorgegeven)
2. een keten waarin twee achtereenvolgende mannen zijn, niet wordt geteld (een man kan nooit de voor een vrouwelijke nakomeling benodigde X-chromosoom doorgeven via zijn zoon)

Voorbeeld 1: Moeder/dochter: $n = 1$, net als in het gewone geval (dus $Rel_{sex} = Rel_{auto} = 1/2$).

Voorbeeld 2: Zuster/zuster A,B. Via de moeder heb je de gewone telling, want er zit geen man tussen. Dus twee stappen (ofwel $n = 2$): $Rel_{sex} = 1/4$. Via de vader heb je één stap minder, want Pa doet niet mee bij de telling, omdat hij in zijn X-chromosoom haploïd is: $Rel_{sex} = 1/2$. Totaal dus: $Rel_{sex} = 3/4$.

Het wonderbaarlijke van het geval is dat de zussen dus genetisch dichter bij elkaar staan dan ten opzichte van hun moeder of hun eigen dochters, met wie de verwantschap gewoon $\frac{1}{2}$ is.

In de bijenwereld komt dat nog sterker voor, omdat mannen daar in alle chromosomenparen haploïd zijn (en niet slechts in hun X-chromosoom). Zussen (de werksters) zijn dus meer verwant met elkaar dan met hun moeder (de koningin). Wil een vrouwtje haar genen maximaal laten voortplanten, dan moet ze niet zelf aan de gang gaan, maar moet ze de koningin stimuleren meer (vrouwelijke) nakomelingen te krijgen – waaronder nieuwe zuster/konninginnen. Dit schijnt evolutionair het sociale gedrag in de bijenwereld te verklaren, alsmede het feit dat werksters steriel zijn (zie bijv Hartl (1980), p. 357-358).

b. Man-vrouw (verwantschap via X-chromosomen)

Ook hier heb je alleen met de X-chromosoom te maken, omdat in het sexgerelateerde chromosomenpaar alleen via het X-chromosoom in de verwantschap tussen manlijke en vrouwelijke familieleden kan bestaan. *De telling langs de genetische ketens gaat daarom hetzelfde als bij vrouw-vrouw, want:*

- een man heeft maar één X chromosoom, en die wordt onveranderd naar een dochter doorgegeven.
- een man kan nooit de voor een vrouwelijke familielid benodigde X-chromosoom doorgeven via zijn zoon.

Uiteraard wordt de eerste stap vanaf het manlijk eindpunt van een keten naar zijn moeder of dochter wél meegeteld – alleen de stappen die via mannen in de keten lopen, worden overgeslagen in de telling. En, zoals in geval van vrouw-vrouw, doen ketens met twee achtereenvolgende mannen helemaal niet mee (zij leveren dus per definitie $Rel_{sex} = 0$ op).

Voorbeeld 1: Vader/dochter of moeder/zoon: $n = 1$, net als in het gewone geval (dus $Rel_{sex} = Rel_{auto} = \frac{1}{2}$).

Voorbeeld 2: Broer/zus A,B. Via de moeder heb je de gewone telling, want er zit geen man tussen. Dus twee stappen: $Rel_{sex} = \frac{1}{4}$. De keten via de vader doet niet mee, want die bevat twee achtereenvolgende mannen. Dus: $Rel_{sex} = \frac{1}{4}$; twee keer lager dan Rel_{auto} .

Voorbeeld 3: Overgrootvader/achterkleindochter (V = vrouw, M = man):

Via keten M-V-V-V : $n = 3$, zoals bij alle andere chromosomenparen (dus $Rel_{sex} = Rel_{auto} = \frac{1}{8}$).

Via keten M-V-M-V: $n = 2$ ($Rel_{sex} = \frac{1}{4}$), omdat de stap via M in de keten wordt overgeslagen. Er komt dus hetzelfde uit als in geval van grootvader/kleindochter via keten M-V-V.

Via keten M-M-V-V (of M-M-M-V): Doet niet mee ($Rel_{sex} = 0$) omdat via deze keten geen X-chromosoom van beginpunt naar eindpunt kan worden doorgegeven.

c. Man-man

Verwantschap kan hier op twee manieren: hetzij via doorgifte van het X-chromosoom, hetzij via van doorgifte van het Y-chromosoom. Voor het eerste gelden dezelfde regels als in het vrouw/vrouw (en man/vrouw) geval (hierboven); voor het tweede geldt dat het Y-chromosoom in de directe mannelijke lijn onveranderd wordt doorgegeven. Dit leidt tot de volgende modificatie van de bovenstaande regel:

1. Via zijn X-chromosoom als boven: een stap die via een man loopt wordt overgeslagen (hij heeft maar één X chromosoom, en die wordt dus gewoon onveranderd doorgegeven)

2. Via het Y chromosoom: een keten waarin twee achtereenvolgende mannen zijn, niet wordt geteld **tenzij** een keten alleen via mannen loopt. Dit laatste levert, **ongeacht** zijn lengte, $Rel_{sex} = 1/2$ op (het Y-chromosoom wordt onveranderd doorgegeven)

Voorbeeld 1: Vader/zoon: $n = 1$, net als in het gewone geval (dus $Rel_{sex} = Rel_{auto} = 1/2$).

Voorbeeld 2: Broer/broer A,B. Via de moeder heb je de gewone telling, want er zit een vrouw tussen – het gaat hier om verwantschap via het X-chromosoom. Dus twee stappen: $Rel_{sex} = 1/4$. De keten via de vader levert $Rel_{sex} = 1/2$ (doorgifte Y-chromosoom); Opgeteld $Rel_{sex} = 3/4$, net als in geval van zuster/zuster.

Voorbeeld 3: Overgrootvader/achterkleinzoon (V = vrouw, M = man):

Via keten M-V-V-M : $n = 3$, zoals bij alle andere chromosomenparen (dus $Rel_{sex} = Rel_{auto} = 1/8$).

Via keten M-M-M-M: $n = 1$ ($Rel_{sex} = 1/2$), omdat het Y-chromosoom onveranderd wordt doorgegeven.

Via keten M-M-V-M (of M-V-M-M): Doet niet mee ($Rel_{sex} = 0$) omdat via deze keten noch een X-, noch Y-chromosoom van beginpunt naar eindpunt kan worden doorgegeven.

Opmerking 1:

De variatie in het totaal aantal Y-chromosomen op de wereld is bijzonder klein. In eerste benadering kan je stellen dat alle mannen in een bepaald land hetzelfde Y-chromosoom hebben, of ze nu familie zijn of niet. Tussen twee willekeurige mannen binnen die gemeenschap bestaan dan minimaal $Rel_{sex} = 1/2$, of ze nou familie zijn of niet. Of Rel_{sex} hoger is dan $1/2$ moet blijken uit andere takken dan de directe mannelijke lijnen. Vanuit dit gezichtpunt is de verwantschapsgraad tussen twee mannen volgens Vgl (2) en Vgl (4) van Können (2010) minimaal $2 \log 46 = 5.5$, terwijl die tussen twee willekeurige vrouwen oneindig (ver) is ($Rel_{sex} = 0$).

Opmerking 2:

Anderzijds bevat het Y-chromosoom nauwelijks genen. Als we verwantschap op genenniveau bekijken, draagt dit chromosoom nauwelijks bij. Het is daarom goed te verdedigen het Y-chromosoom op te vatten als een dummy die bij verwantschap geen rol van betekenis speelt. De man kan dan vanuit zijn nakomelingen weer opgevat worden als haploïd. Verwantschap via het Y-chromosoom (vader en zoon) kan dan worden uitgesloten. De tellingen gaan dan weer precies als bij vrouw-vrouw. Het resultaat in de drie voorbeelden verandert dan als volgt:

Voorbeeld 1: vader/zoon: geen verwantschap via deze chromosomen (dus $Rel_{sex} = 0$)

Voorbeeld 2: broer/broer A,B. Via de moeder heb je de $Rel_{sex} = 1/4$, net als hierboven. Via de vader levert $Rel_{sex} = 0$; Opgeteld $Rel_{sex} = 1/4$, drie keer lager dan hierboven.

Voorbeeld 3: Overgrootvader/achterkleinzoon (V = vrouw, M = man):

Via keten M-V-V-M : $n = 3$, als boven (dus $Rel_{sex} = Rel_{auto} = 1/8$).

Via keten M-M-M-M: geen verwantschap ($Rel_{sex} = 0$).

Via keten M-M-V-M (of M-V-M-M): $Rel_{sex} = 0$, als boven.

References:

Hartl, Daniel L. (1980), *Principles of Population Genetics*, Sinauer Associates Inc., Sunderland Mass, ISBN 0-87893-272-0.

Können, G.P. (2010), *Wanneer eindigt de genetische verwantschap tussen familieleden?*

Private document-01, http://www.guntherkommen.com/downloads/2010_Verwandschaft_NL.pdf