**RADIO RUSSIA**

*Team Rusland*

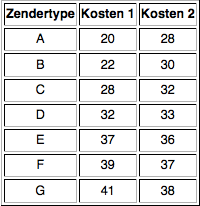
Shannon Bakker  
Universiteit van Amsterdam  
[Studentnummer]

Tom Houfour  
Universiteit van Amsterdam  
[Studentnummer]

Puck Polter  
Universiteit van Amsterdam  
6076696

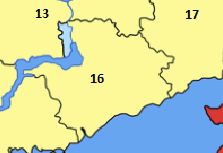
**1. INLEIDING**

Teneinde moeder Rusland van dienst te kunnen zijn maakt het algoritme ‘Radio Russia’ een optimale verdeling van zendmaster over alle provincies van het land. Er zijn zeven typen zendmasten (hierna: “zendertypes”) beschikbaar: type A t/m G. Moeder Rusland wil twee verschillende verdelingen ontvangen; hierna “Gelijke Verdeling” en “Goedkope Verdeling”. Eén met een zo gelijk mogelijke verdeling met zo min mogelijk zendertypes. De ander met zo laag mogelijke kosten. In figuur 1 zijn twee kostenverdelingen weergegeven. Het is de vraag met welke kostenverdeling Moeder Rusland zo goedkoop mogelijk uit is.



*Figuur 1: Twee mogelijke kostenverdeling per zendertype A t/m G.*

Om moeder Rusland zo goed mogelijk te kunnen bedienen op haar wensen worden er drie test cases uitgevoerd: op Oekraïne, de Verenigde Staten en China. Voor Gelijke verdeling is de toestandsruimte voor Oekraïne 427/4, voor de Verenigde Staten 450/4, voor China 422/4 en voor Rusland 483/4. De onderbouwing voor deze toestandsruimte is de volgende. Omdat voor Gelijke Verdeling de verdeling zo gelijk mogelijk moet zijn, is vier het minimum aantal zendertypes dat nodig is. Dat dit het minimum is, is in 1976 bewezen door Appel en Haken met de vierkleurenstelling. Deze stelling houdt in dat het mogelijk is om iedere willekeurige landkaart waarin de provincies een geheel vormen in te kleuren zijn met vier kleuren, waarbij geen enkel aangrenzend land dezelfde kleur heeft.[[1]](#footnote-1) Het idee achter deze stelling kan geïllustreerd worden met behulp van de landkaart in figuur 2 en 3. De gebieden stellen provincies voor met de nummers een bepaald zendertype. Als een provincie een even aantal aangrenzende provincies heeft, zoals provincie ? in figuur 2, kan deze kaart met drie kleuren en dus ook drie zendertypes worden ingevuld. De reden hiervoor is dat de omringende landen om en om dezelfde zendertype kunnen gebruiken en de centrale provincie de derde zendertype gebruikt. Maar wanneer een land een oneven aantal aangrenzende provincies heeft, is er een vierde zendertype nodig. De reden hiervoor is dat de omringende landen niet om en om dezelfde zendertypes kunnen hebben omdat dezelfde zendertypes dan tegen elkaar eindigen. (figuur 3).

*Figuur 2: illustratie van een stuk kaart met 3 zendertypes Figuur 3: illustratie van een stuk kaart met 4 zendertypes*

De toestandsgrootte is verder bepaald doordat iedere provincie iedere vier zendertypes kan krijgen. De toestandsgrootte is dus 4n. Waarbij n het aantal provincies van een land is. Dit getal kan vervolgens nog door vier worden gedeeld omdat er geen verschil is tussen de zenders. Als je bijvoorbeeld drie provincies hebt met drie zenders, en alle zenders hebben type 1 dan is dit eigenlijk dezelfde oplossing als wanneer alle zenders type 3 zouden zijn. Oekraïne heeft 27 provincies, de Verenigde Staten heeft 50 provincies (staten), China heeft 22 provincies en Rusland heeft 85 provincies. Daarom zijn de toestandsruimtes 427/4 voor Oekraïne, 450/4 voor de Verenigde Staten, 422/4 voor China en 483/4 voor Rusland.

**2. METHODES**

**2.1 Probleem Gelijke Verdeling**

Het algoritme voor het Gelijke Verdeling probleem is constructief en een Depth-First search algoritme. Aangezien we hebben vastgesteld dat er vier zenders, nummer 1 t/m 4, nodig zijn beginnen we bij de provincies die een oneven aantal omringende provincies hebben, in dit geval zijn er namelijk sowieso vier verschillende soorten zenders nodig. Bovendien begint het algoritme bij de provincies met de meest aangrenzende provincies. De reden hiervoor is dat er op deze manier een gelijke verdeling bereikt kan worden. Bij weinig aangrenzende provincies kan er namelijk gekozen worden tussen verschillende zendertypes, zodat bij de als laatst in te vullen provincies een zendertype gebruikt kan worden die daarvoor het minst gebruikt is. Indien er maar 1 zender mogelijk is, kiest het algoritme dat zendertype. Als er meerdere zendertypes mogelijk zijn en als alle zenders gelijk aanwezig zijn begin bij het toegestane zendertype met het laagste getal. Als zendertype 1 mag, kiest het algoritme dus zendertype 1. Als er meerdere zendertypes mogelijk zijn en als alle zenders niet gelijk aanwezig zijn, kiest het algoritme de zender die het minst aanwezig is.   
Als de oplossing niet mogelijk is, ga terug totdat er een mogelijke oplossing komt. Dit is de toepassing van het Depth-First search algoritme. Dus eerst een stap terug en dan weer een nieuwe stap een vooruit met een nieuwe verdeling. Zie figuur 4 voor een visualisatie van een Depth-First search algoritme.



*Figuur 4: illustratie van een Depth-First Search algoritme*

De volgorde van de nieuw te maken keuze is als volgt. Eerst kiest het algoritme het zendertype dat op een na minste zenders heeft, dan op twee na minste et cetera. Bij iedere stap bekijkt het algoritme of er andere opties zijn en als er een andere optie is, kiest het die andere optie. Daarbij bestaat er wederom een voorkeur voor het zendertype met het laagste aantal zenders. Als de opties op dat niveau op zijn gaat het algoritme twee stappen terug en weer twee vooruit. Dit proces gaat door tot de beste oplossing gevonden is, oftewel, de oplossing met de meest gelijke verdeling.

Een kenmerk van de heuristiek van het algoritme is het beginnen bij de oneven omliggende provincies. Bij een oneven aantal omliggende provincies zijn er zoals uitgelegd altijd vier zendertypes nodig. Deze heuristiek hangt samen met het tweede belangrijk kenmerk van het algoritme. Dit is de heuristiek dat men sneller tot een goede oplossing komt wanneer de provincie met de meeste aangrenzende provincies als eerste een zendertype krijgt toegewezen en de provincie met de minste aangrenzende provincies als laatste dan wanneer provincies in een random volgorde zendertypes krijgen aangewezen. De onderbouwing voor deze heuristiek is dat bij provincies die weinig aangrenzende provincies hebben er vaak een keuzemogelijkheid is in zendertypes. Terwijl er bij provincies die veel aangrenzende provincies vaak weinig keuzemogelijkheden zijn, omdat er door veel aangrenzende provincies wordt bepaald dat er een aantal zendertypes niet gekozen mogen worden. Om deze reden is het voordelig om eerst de meest verbonden provincies in te vullen, in het begin is er bij deze provincies namelijk de grootste keuzevrijheid. Doordat je aan het eind bij de minst verbonden provincies vaak nog kan kiezen is het waarschijnlijk mogelijk een redelijk gelijke verdeling te maken.

**2.2 Probleem Goedkope Verdeling**

<https://www.youtube.com/watch?v=YmYGFxtj2es>

**3. RESULTATEN**

**4. CONLCLUSIES**

**Bronnen**

Appel, K., Haken, W., & Koch, J. (1977). Every planar map is four colorable. Part II: Reducibility. Illinois Journal of Mathematics, 21(3), 491-567.

1. Appel & Haken, 1977. [↑](#footnote-ref-1)