

Simulatie (INFOSIM) 14 november 2003

- De opgaven dienen duidelijk uitgewerkt te zijn en netjes ingeleverd te worden. Schrijf op elk ingeleverd vel je naam en studentnummer.
- Bij dit tentamen hoort een statistische tabel, helaas heeft de $\mathcal{I}\mathcal{B}\mathcal{C}$ daar geen beschikking over.

Opgave 1

(15 punten)

Een onderhoudsplaats van treinen omvat een aantal parallelle doodlopende sporen. Op elk van deze sporen is plaats voor twee treinen. De plaats waar het spoor doodloopt heet de frontplaats en de andere plaats op het spoor heet de achterlinieplaats. Treinen kunnen het spoor alleen verlaten aan de kant waar ze het spoor ook opkomen. Dit betekent dat een trein aan het eind van zijn onderhoudsbeurt tijdelijk opgesloten kan zijn door een trein die daarna op hetzelfde spoor voor een onderhoudsbeurt kwam, maar waarvan de onderhoudsbeurt nog niet is afgelopen.

Voor elk spoor zijn er twee onderhoudsploegen. Een trein die voor onderhoud aankomt krijgt een frontplaats toegewezen als op één van de sporen nog een frontplaats vrij is. Ingeval zowel alle frontplaatsen als alle achterlinieplaatsen bezet zijn, dan blijft de trein op een rangeerterrein wachten tot een plaats vrijkomt. De trein die het langste wacht is als eerste aan de beurt voor onderhoud.

Veronderstel dat treinen voor een onderhoudsbeurt aankomen met exponentieel verdeelde tussen-aankomsttijden met gemiddelde λ . De onderhoudsbeurt van een trein neemt een 2-Erlang verdeelde tijd met parameter β . Er zijn in totaal s sporen en dus $2s$ onderhoudsploegen.

Door middel van een simulatie wil het management inzicht krijgen in:

- De gemiddelde verblijftijd van een trein op het terrein
- Het gemiddelde aantal onderhoudsploegen (over de tijd) dat bezig is met onderhoud van treinen.
- De kans dat een trein moet wachten op het rangeerterrein

Geef hiervoor een discrete-event simulatiemodel met behulp van de *event-scheduling* benadering. Je mag hierbij de event-handlers in woorden omschrijven.

Opgave 2

(7 punten)

- a) Leg uit wat met validatie en verificatie wordt bedoeld. (2 punten)
- b) Geef een korte beschrijving van verschillende technieken die gebruikt kunnen worden voor de validatie van een simulatiemodel. (5 punten)

Opgave 3

(14 punten)

- a) Laat 7.3, 6.1, 6.7, 8.4, 7.1 de gemiddelde wachttijd zijn, gemeten in 5 voldoende lange en onafhankelijke runs van een simulatie. Bepaal $\bar{X}(5)$, $S^2(5)$, en een 95 procent betrouwbaarheidsinterval voor μ en leg uit wat deze grootheden betekenen. (4 punten)
- b) De dubbel-exponentiële (Laplace) verdeling heeft kansdichtheid:

$$f(x) = 0.5e^{-|x|} = \begin{cases} 0.5e^{-x} & \text{als } x \geq 0; \\ 0.5e^x & \text{als } x < 0; \end{cases}$$

Leg uit hoe je getallen uit deze verdeling in een simulatieprogramma kunt genereren, zonder gebruik te maken van een bestaande random-generator. Ga er hierbij vanuit dat je te maken hebt met een simulatie programma in een ‘gewone’ programmeertaal zoals Java of C++.

(5 punten)

- c) Beschouw de rechts-triangelaire verdeling met kansdichtheid:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2}{9}x & \text{als } 0 \leq x \leq 3; \\ 0 & \text{anders.} \end{cases}$$

Bepaal de verwachte waarde en de variantie.

(3 punten)

Opgave 4

(6 punten)

Bij een communicatiesysteem met één verzendlijn komen berichten aan met exponentieel verdeelde tussentijd met gemiddeld 250 berichten per minuut. Over de lijn kunnen 1000 karakters per seconde verstuurd worden. De lengte van een bericht is exponentieel verdeeld met een gemiddelde van 200 karakters. Veronderstel dat een voldoende grote buffer aanwezig is om de aangeboden berichten tijdelijk op te slaan.

- a) Bereken het gemiddeld aantal berichten dat in het systeem aanwezig is en de gemiddelde wachttijd per bericht. (4 punten)
- b) Geef een formule voor de fractie van de tijd waarin 10 of meer berichten in de buffer op verzending *wachten*. (Je hoeft deze fractie dus niet exact uit te rekenen). (2 punten)