Delft University of Technology

Simulatieprogramma's voor autosnelwegen en stedelijke netwerken

Taale, Henk

Publication date
1991

Document Version
Final published version

Citation (APA)
Taale, H. (1991). *Simulatieprogramma's voor autosnelwegen en stedelijke netwerken*. Rijkswaterstaat Dienst Verkeerskunde.

Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.

SIMULATIEPROGRAMMA'S VOOR

AUTOSNELWEGEN EN STEDELIJKE NETWERKEN

rapportnummer: CR 91066

SIMULATIEPROGRAMMA'S

VOOR

AUTOSNELWEGEN

EN

STEDELIJKE NETWERKEN

CR 91066

Rijkswaterstaat
Dienst Verkeerskunde
Onderafdeling CXRN
ir. H. Taale

Rotterdam
juli 1991

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 2

2. METANET 2
   2.1.Inleiding 2
   2.2.Werking 2
   2.3.Invoer 2
   2.4.Uitvoer 3
   2.5.Toepassingen 3
   2.6.Opmerkingen 3

3. FREQ 4
   3.1.Inleiding 4
   3.2.Werking 4
   3.3.Invoer 5
   3.4.Uitvoer 5
   3.5.Toepassingen 5
   3.6.Opmerkingen 5

4. SIMAUT 6
   4.1.Inleiding 6
   4.2.Werking 6
   4.3.Invoer 6
   4.4.Uitvoer 7
   4.5.Toepassingen 7
   4.6.Opmerkingen 7

5. CONTRAM 8
   5.1.Inleiding 8
   5.2.Werking 8
   5.3.Invoer 8
   5.4.Uitvoer 9
   5.5.Toepassingen 9
   5.6.Opmerkingen 9

6. SATURN 10
   6.1.Inleiding 10
   6.2.Werking 10
   6.3.Invoer 11
   6.4.Uitvoer 11
   6.5.Toepassingen 11
   6.6.Opmerkingen 11

7. INTRAS 12
   7.1.Inleiding 12
   7.2.Werking 12
   7.3.Invoer 12
   7.4.Uitvoer 12

7.5.Toepassingen 13
7.6.Opmerkingen 13

8. DYNAMIC NETWORK MODEL 14
8.1.Inleiding 14
8.2.Werking 14
8.3.Opmerkingen 14

9. CONCLUSIES 15

10. BEGRIPPENLIJST 16

11. LITERATUUR 17

1. INLEIDING

Bij de Dienst Verkeerskunde (onderafdeling CXRN) van Rijkswaterstaat wordt gebruik gemaakt van computerprogramma's die de verkeersafwikkeling op autosnelwegen en het onderliggende wegennet simuleren ten behoeve van de evaluatie van benuttingsmaatregelen, zoals bijvoorbeeld toeritdosering en routegeleiding. Er worden echter steeds meer modellen en programma's ontwikkeld, die deze simulaties uitvoeren. De verscheidenheid in de gebruikte modeleringen van het verkeer en de toepassingen die deze modellen hebben neemt toe, zodat de onduidelijkheid op dit gebied steeds groter wordt. Zo ontstond de behoefte enkele van deze modellen en de bijbehorende programma's te evalueren, met name op het punt van de concrete toepassingen.

Dit rapport bevat de resultaten van deze evaluatie. De programma's METANET, FREQ, SIMAUT, CONTRAM, SATURN, INTRAS en het Dynamic Network Model werden bekeken op de punten werking, invoer, uitvoer en toepassingen.

2. METANET

2.1. Inleiding

Het programma **M**odèle-d'**É**coulement-du-**T**rafic-sur **A**utoroute(**NET**) werd ontwikkeld in het kader van het DRIVE-project "CHRISTIANE" (V 1035) en simuleert de verkeersafwikkeling op netwerken van autosnelwegen, met toe- en afritten.

2.2. Werking

METANET werkt met een knooppunt- en een linkmodel. Het knooppuntmodel is gebaseerd op een continuïteitsvergelijking en een toedeling. Het linkmodel is een macroscopisch, deterministisch stromingsmodel.
Na de indeling van het netwerk in knooppunten en links en van de links in segmenten, worden voor elk segment de dichtheid, de snelheid, de intensiteit en de verhouding intensiteit/dichtheid berekend. Deze verhouding wordt gebruikt om te bepalen of in het desbetreffende segment congestie optreedt. Bovenstaande berekeningen worden na elke tijdstap, gedurende de opgegeven simulatiehorizon, uitgevoerd.
In de knooppunten wordt het verkeer over de twee uitgangen verdeeld volgens de opgegeven verhoudingen. Het programma heeft een controleoptie waarmee de effecten van routegeleiding geanalyseerd kunnen worden. Daartoe berekent het programma bij de gespecificeerde knooppunten de optimale splitsingspercentages.

2.3. Invoer

In de berekeningen wordt gebruik gemaakt van model-specifieke parameters. Deze moeten vooraf gespecificeerd worden, evenals een aantal controleparameters (zoals de simulatiehorizon en -tijdstap), de netwerk- en initialisatiedata.
Voor wat betreft verkeersgegevens kan volstaan worden met het invoeren van de intensiteit bij elke ingang van het netwerk (inclusief toeritten) en bij elke knoop de bestemmingspercentages. Voor een meer nauwkeurige simulatie kunnen de gemiddelde snelheid bij elke hoofdingang, de dichtheid bij elke hoofduitgang en de intensiteiten bij de afritten hieraan toegevoegd worden. Het is mogelijk de data op één of meerdere tijdstippen of per tijdstap in te voeren.
Meestal heeft een netwerk meerdere uitgangen. Het opgeven van een HB-matrix is dan ook bijna altijd noodzakelijk.
Voor het gebruik van de controleoptie moeten de verschillende routes naar een bestemming, vanaf bepaalde knooppunten, opgegeven worden.

2.4. Uitvoer

Voor elk segment worden de dichtheid, gemiddelde snelheid, intensiteit en samenstelling met betrekking tot de verschillende bestemmingen voor elke tijdstap gegeven. Verder wordt een aantal globale waarden berekend voor het hele netwerk en over de simulatie-horizon, zoals de totale reistijd, de totale wachttijd, de totale afgelegde afstand en het totale benzineverbruik.
De uitvoer kan met behulp van METAGRAF grafisch gepresenteerd en geplot worden, zowel in netwerkoverzichten als in grafieken.

2.5. Toepassingen

METANET simuleert alleen de verkeersafwikkeling in netwerken van autosnelwegen. Onderliggende of stedelijke netwerken met kruisingen en verkeerslichten kunnen niet gesimuleerd worden. Het programma is daarom niet geschikt voor toeritdosering.
Met de controleoptie kunnen de effecten van routegeleiding, door middel van variable-message-signs, en incident management doorgerekend worden. De resultaten hiervan en de resultaten van een simulatierun waarbij de controleoptie niet gebruikt wordt, kunnen met behulp van METAGRAF vergeleken worden.

2.6. Opmerkingen

Het is niet duidelijk welk optimalisatiecriterium in de controleoptie gebruikt wordt om de splitsingspercentages in de knooppunten te berekenen. Ook is niet duidelijk hoe het programma omgaat met de opvolgingsgraden, dat wil zeggen de percentages weggebruikers, die gegeven adviezen opvolgen.
Het model is sterk afhankelijk van de kritische dichtheid en de vrije doorstromingssnelheid. Deze parameters moeten dan ook nauwkeurig ingesteld worden. Verder is een schatting van de globale parameters noodzakelijk.
Doordat geen routes aan voertuigen worden gekoppeld, kan het bij de simulatie van wisselbewegwijzering gebeuren dat het model een onrealistisch "terugrijden" van verkeer simuleert.
Het invoeren van alle gegevens gaat bijzonder gemakkelijk en flexibel en de simulaties vragen geen lange rekentijden.

Literatuur: [4], [5] en [6].

3. FREQ

3.1. Inleiding

Het **FRE**eway-**Q**ueueing model is ontwikkeld aan de universiteit van Californië en is bedoeld om de verkeersafwikkeling op autosnelwegen en hun toe- en afritten te simuleren en te optimaliseren. Met het programma is het ook mogelijk de effecten van de groei van het verkeer op de verkeersafwikkeling te voorspellen en sinds kort bestaat de mogelijkheid de effecten van HOV-rijstroken te analyseren.

3.2. Werking

FREQ is een macroscopisch, deterministisch stromingsmodel dat uit twee delen bestaat: een simulatie- en een optimalisatiemodel. Na het invoeren van alle benodigde gegevens kan het simulatieprogramma gestart worden. Het simulatieprogramma berekent de verkeersafwikkeling als functie van het vraagpatroon en de geometrie van het netwerk, volgens de methode van de Highway Capacity Manual. Daartoe voert het programma de volgende stappen uit:

- detectie en berekening van filevorming op de invoegstrook
- detectie en berekening van filevorming op de hoofdrijbaan als gevolg van het invoegen
- herberekening van de capaciteit van de hoofdrijbaan als gevolg van weven
- berekening van de verkeersafwikkeling op de hoofdrijbaan (lengte van files, rijsnelheid, snelheid van schokgolven, enz)
- detectie en berekening van filevorming op de uitvoegstrook

Afhankelijk van de resultaten van het simulatieprogramma kan het optimalisatieprogramma gebruikt worden om de optimale doseerintensiteit op de toeritten te bepalen. Dit kan gebeuren volgens één van de vier volgende optimalisatiecriteria:

- maximalisatie van het aantal op de autosnelweg toe te laten voertuigen
- maximalisatie van het aantal voertuigkilometers op een traject van de autosnelweg
- maximalisatie van het aantal op de autosnelweg toe te laten personen
- maximalisatie van het aantal personenkilometers op een traject van de autosnelweg

Vervolgens kunnen de effecten van de optimale doseerstrategie weer doorgerekend worden met het simulatiemodel.
Er is nog geen informatie beschikbaar over de manier waarop HOV-rijstroken in het programma gemodelleerd zijn.

3.3. Invoer

Naast de gebruikelijke controleparameters en netwerkinformatie heeft FREQ een aantal specifieke invoergegevens nodig, zoals:

- een HB-matrix (per tijdsinterval)
- de bezettingsgraad van de voertuigen bij elke af- en toerit (per tijdsinterval)
- het aandeel van het vrachtverkeer

Het programma berekent de capaciteit van een sectie van de weg met behulp van een snelheid-capaciteit curve. Deze curven kunnen gespecificeerd en tezamen met een ontwerpsnelheid van de sectie ingevoerd worden.
Om de effecten van verkeersgroei op de verkeersafwikkeling te voorspellen dient een groeipercentage gegeven te worden.

3.4. Uitvoer

De uitvoer bestaat uit een gedetailleerd overzicht van de verkeersafwikkeling van zowel voor als na de optimalisatie en het waardebereik van een aantal variabelen gedurende de simulatie, zoals de gemiddelde snelheid, de dichtheid, de lengte van de files, de benuttingsgraad, het brandstofverbruik en de emissie van uitlaatgassen. Deze waarden kunnen als globale kwaliteitscriteria gebruikt worden.
Verder kan een overzicht verkregen worden van de optimale doseerintensiteiten die door het optimalisatieprogramma berekend zijn.

3.5. Toepassingen

FREQ is geschikt voor toeritdosering en de daarmee samenhangende optimalisering van de verkeersafwikkeling. Door het ontbreken van de modellering van kruispunten en verkeerslichten is het niet mogelijk stedelijke netwerken te analyseren. Wel is het mogelijk de effecten van de verkeersgroei te voorspellen en de effecten van het gebruik van HOV-rijstroken te analyseren.
FREQ kent bovendien een beperkte mogelijkheid het routekeuzegedrag van weggebruikers te simuleren. Echter, alleen voor wegen die parallel lopen met de autosnelweg.

3.6. Opmerkingen

De vijf stappen in het simulatiemodel worden sequentieel doorlopen, hetgeen betekent dat de uitkomsten van bepaalde berekeningen niet meer van invloed zijn op voorgaande berekeningen, terwijl in werkelijkheid deze uitkomsten elkaar wel onderling zullen beïnvloeden. Het lijkt daarom beter deze berekeningen iteratief uit te voeren.
Een gevolg van het doseren op de toeritten kan zijn dat het vraagpatroon verandert. Inzicht in de aard van deze veranderingen is noodzakelijk voor een goed gebruik van het model.
Literatuur: [3], [8], [11] en [12].

4. SIMAUT

4.1. Inleiding

Evenals METANET werd ook het **SIM**ulation-d'**AUT**oroute model ontwikkeld in het kader van het DRIVE-project "CHRISTIANE" (V 1035), maar in tegenstelling tot METANET is SIMAUT meer bedoeld voor on-line gebruik, geïmplementeerd in het SIRTAKI-systeem.

4.2. Werking

SIMAUT is evenals de voorgaande modellen een macroscopisch model gebaseerd op de stromingsleer. Het berekent in elke tijdstap in het netwerk de ontwikkelingen en botsingen van golffronten, aan de hand van de verhouding intensiteit/dichtheid.
Van het model zijn drie versies ontwikkeld:

- de k-versie:
  Deze versie maakt gebruik van gegeven afritpercentages om de verkeersafwikkeling te simuleren en is vooral geschikt voor off-line berekeningen en voorspellingen.
- de OD-versie:
  Aan de hand van een gegeven HB-matrix (in percentages), berekent deze versie de afritpercentages en is daardoor geschikt om diverse controlestrategieën te evalueren.
- de flow-versie:
  Deze versie van SIMAUT simuleert on-line de verkeersafwikkeling en is geïmplementeerd in het SIRTAKI-systeem, dat gebruikt wordt voor incident management.

4.3. Invoer

Naast een aantal controleparameters en de netwerkbeschrijving moeten verschillende verkeersdata ingevoerd worden, namelijk:

- k-versie:
  - de intensiteit op de toeritten,
  - de intensiteit en de dichtheid op de afritten,
  - de intensiteit en dichtheid op de hoofdrijbaan, stroomafwaarts direct na een afrit,
  - de intensiteit en dichtheid op de gebruikelijke knelpunten van het netwerk,
  - de intensiteit van het verkeer dat de toerit oprijdt, met de doseerfrequentie,
  - de intensiteit van het verkeer dat de afrit verlaat naar het onderliggende netwerk,
  - voorspellingen over het vraagpatroon, afritcapaciteiten, knelpunten en afritpercentages,

- OD-versie:
  - een HB-matrix

- de intensiteit op de toeritten,
- de intensiteit en de dichtheid op de afritten,
- de intensiteit en dichtheid op de gebruikelijke knelpunten van het netwerk,
- de intensiteit van het verkeer dat de toerit oprijdt, met de doseerfrequentie,
- de intensiteit van het verkeer dat de afrit verlaat naar het onderliggende netwerk,

- flow-versie:
  Dezelfde invoergegevens als voor de OD-versie zijn nodig, zij het dat deze on-line gemeten dienen te worden.

Deze grote hoeveelheid invoergegevens, voor alle versies, is nodig, aangezien het model nogal gevoelig is voor fouten in de intensiteiten.

4.4. Uitvoer

De uitvoer bevat een uitgebreide hoeveelheid verkeersgegevens, waaronder:

- de intensiteit, snelheid en dichtheid in elke verkeerscel (een cel is het gebied tussen twee opeenvolgende golven)
- de intensiteit, snelheid en dichtheid op elke, van te voren gespecificeerde, locatie in het netwerk
- lengten van files
- reistijden en wachttijden
- globale variabelen (totale reistijd, totale afgelegde weg, gemiddelde snelheid, enz.)

4.5. Toepassingen

SIMAUT heeft een aantal verschillende toepassingen, gerelateerd aan de verschillende versies die ontwikkeld zijn. Het programma kan gebruikt worden voor off-line simulaties en voorspellingen en het testen van regelstrategieën, met name toeritdosering (k- en OD-versie). On-line kan het gebruikt worden voor het simuleren van de verkeerssituatie en het evalueren van de effecten van bepaalde maatregelen op de verkeersafwikkeling, bijvoorbeeld na een ongeval (incident management)(flow-versie). Dit laatste gebeurt in het kader van het SIRTAKI-systeem, dat ontwikkeld werd als hulp voor een dynamisch verkeersmanagement.

4.6. Opmerkingen

In het programma worden verschillende modelparameters semi-automatisch gecalibreerd, door middel van statistische bewerkingen (b.v. de kleinste kwadraten methode).

Literatuur: [4] en [7].

5. CONTRAM

5.1. Inleiding

CONtinuous-**TR**affic-**A**ssignment-**M**odel is een verkeerstoedelingsmodel, ontwikkeld door het Transport and Road Research Laboratory in Engeland. Het berekent de routes die voertuigen nemen, de verkeersstromen en de lengte van optredende files aan de hand van het verkeersaanbod. Kon dit voorheen alleen voor stedelijke netwerken, er wordt momenteel gewerkt aan een aanpassing van het model (CONTRAM-M), waarmee ook netwerken met autosnelwegen bestudeerd kunnen worden.

5.2. Werking

CONTRAM is semi-microscopisch, het gebruikt bij het toedelen groepjes voertuigen (zogenaamde 'packets').
Het model beperkt zich tot het toedelen van packets aan het netwerk. Eerst wordt voor een packet zijn kortste (tijd of kosten) route berekend, door voor elk packet bij te houden op welk tijdstip het elke link van zijn actuele route binnenrijdt, waarna het aan die route toegedeeld wordt. Vervolgens wordt het volgende packet genomen, opnieuw de kortste route berekend en het packet toegedeeld. Zodoende wordt de route van een packet pas bepaald op het moment dat het packet aan de beurt is, zodat de packets na elkaar vertrekken en dus niet overal gelijktijdig op de route aanwezig zijn. Pseudo-congestie wordt dus vermeden en er wordt zo een beter model van de opbouw en afbraak van een file en de daarmee gepaard gaande verliestijd verkregen. Bovendien wordt bij het toedelen rekening gehouden met een zekere voorkennis van de toestand van het netwerk op een bepaald tijdstip. Bijvoorbeeld, als een weggebruiker vertrekt om 7.00 uur, is een bepaalde route nog congestievrij, maar hij weet dat om 7:30 uur ergens op die route een file zal staan, zodat een andere route gekozen wordt. Dit is mogelijk doordat de toedeling iteratief gebeurd. In elke iteratieslag wordt telkens random een packet uit het netwerk gehaald, worden de reistijden bijgewerkt en wordt het packet opnieuw toegedeeld, net zo lang tot een evenwicht bereikt is. Echter, een evenwichtstoedeling kan niet gegarandeerd worden.
Om de effecten van bepaalde maatregelen te kunnen bestuderen, kunnen verschillende stuurvariabelen gebruikt worden, namelijk de capaciteit van kruispunten en schakels, de verkeerslichtenregelingen, het openstellen van wegen voor bepaalde voertuigtypen, het aangeven van vaste routes voor voertuigtypen en aanpassing van de rijtijd per schakel.

5.3. Invoer

Het netwerk dient zeer uitgebreid ingevoerd te worden, evenals de voertuiginformatie. Er kunnen drie typen voertuigen onderscheiden worden. Verder zijn er een aantal simulatie-controleparameters nodig en een set HB-matrices (per voertuigtype, per relatie, per

tijdsinterval). De nieuwste versie van CONTRAM heeft, evenals CONTRAM-M, de mogelijkheid autosnelwegen in samenhang met het onderliggende wegennet te bestuderen. Daarvoor is nodig om snelheid-intensiteit relaties te specificeren. In de CONTRAM-M-versie moeten bovendien snelheid-intensiteit relaties voor de autosnelwegen ingevoerd worden en kunnen ongevallen en variable-message-signs met de daarbijbehorende opvolgingsgraden (de percentages weggebruikers die de adviezen opvolgen) gespecificeerd worden.

5.4. Uitvoer

De uitvoer wordt per schakel en over het hele netwerk op packet-niveau verstrekt. Per schakel zijn de volgende gegevens beschikbaar:
- de filelengte aan het begin en eind van een tijdsinterval
- het aanbod van voertuigen per type en per tijdsinterval
- de vrije opstelruimte
- de verhouding intensiteit-capaciteit
- de reistijd per voertuigtype
- de afgelegde afstand per voertuigtype
- de gemiddelde snelheid
- gegevens van de verkeerslichten

Verder worden een aantal globale totalen getoond, zoals de totale reistijd, de totaal afgelegde afstand en het totale brandstofverbruik. Deze gegevens worden per voertuigtype gegeven.

5.5. Toepassingen

Het CONTRAM-model is te gebruiken om de effecten van bepaalde beheersingsmaatregelen en toeritdosering op de routekeuze te analyseren. Met de M-versie van CONTRAM is meer mogelijk, bijvoorbeeld het doorrekenen van de effecten variable-message-signs en van toeritdosering.

5.6. Opmerkingen

Met het programma kan de optimale instelling van de verkeerslichtenregeling berekend worden.
De kwaliteit van de uitkomsten van het model is sterk afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee het netwerk wordt beschreven en van de nauwkeurigheid van het vraagpatroon. Verder kost de calibratie van het model veel tijd en er zijn nauwkeurige gegevens voor nodig.

Literatuur: [8], [12] en [13].

6. SATURN

6.1. Inleiding

Het **S**imulation-and-**A**ssignment-of-**T**raffic-to-**U**rban-**R**oad-**N**etworks programma werd ontwikkeld in het Institute for Transportation Studies aan de Universiteit van Leeds. Het is evenals CONTRAM bedoeld voor de analyse en evaluatie van verkeersbeheersingsmaatregelen.
Doordat in SATURN het netwerk in twee schaalniveaus gepresenteerd kan worden, is het mogelijk combinaties van autosnelwegen en stedelijke netwerken te bestuderen.

6.2. Werking

In tegenstelling tot CONTRAM bestaat SATURN uit een simulatie- en een toedelingsmodel. In het macroscopische simulatiemodel worden de verliestijden voor elk type kruispunt per afslagbeweging berekend, afhankelijk van de vraag. Hiervoor worden twee aannames gedaan: het patroon van de verkeersstromen is constant over een bepaalde periode en de stromen vertonen een cyclisch gedrag bij verkeerslichten, omdat er gewerkt wordt met een gemeenschappelijke cyclustijd.
De basis van de simulatie wordt gevormd door het gedrag van het verkeer dat een bepaald punt gepasseerd is, als functie van de tijd over een enkele cyclus, de zogenaamde Cyclic Flow Profiles. Het simulatiemodel bestaat uit een aantal routines om de CFP's te bewerken. Iedere afslagbeweging op een knooppunt heeft vier CFP's: het IN-, het ARRIVE-, het ACCEPT- en het OUT-patroon.
Het ARRIVE-patroon wordt berekend uit het IN-patroon aan de hand van peloton-diffusie. Het ACCEPT-patroon wordt onafhankelijk berekend uit kruispuntcapaciteiten, groentijden en conflicterend verkeer. Het OUT-patroon wordt bepaald uit het ARRIVE- en ACCEPT-patroon en dient als IN-patroon voor een volgende kruising, waardoor het verkeer dus door het netwerk 'beweegt'. Het berekenen van de patronen gebeurt iteratief, totdat er convergentie optreedt.
Vervolgens wordt met het toedelingsmodel het verkeer aan zijn kortste (voor wat betreft tijd) route toegedeeld. Dit gebeurt met de evenwichtstoedeling.
De evenwichtstoedeling gaat uit van de aannames dat de reizigers goed geïnformeerd zijn over de kwaliteit van het wegennet, dat alle reizigers de kosten van een route op dezelfde wijze waarderen en dat de kosten van een route afhankelijk zijn van de belasting. De toedeling zelf geschiedt volgens het eerste principe van Wardrop: de reistijden van de gebruikte routes zijn kleiner dan die van de ongebruikte routes.
Daarna worden met het simulatiemodel opnieuw de verliestijden berekend en wordt het verkeer opnieuw toegedeeld, totdat een stabiele oplossing verkregen is.
Ook in SATURN zijn er verschillende stuurvariabelen om verkeersbeheersingsmaatregelen te evalueren, zoals de capaciteit van kruispunten (per afslagbeweging) en schakels en de verkeerslichtenregeling op de kruispunten.

6.3. Invoer

De invoer van het netwerk dient bijzonder gedetailleerd te gebeuren evenals de invoer van de HB-matrices, aangezien het model sterk gevoelig is voor deze gegevens. Er kunnen slechts twee voertuigtypen onderscheiden worden; het vrachtverkeer wordt niet afzonderlijk bekeken. De HB-matrix kan tijdsafhankelijk ingevoerd worden.

6.4. Uitvoer

De uitvoer is uitgebreid. Er worden diverse globale kwaliteitscriteria gegeven, zoals de totaal afgelegde afstand, de totale reistijd, de wachttijd, het aantal stops, het brandstofgebruik, de gemiddelde snelheid en de gemiddelde reistijd. Verder is er gedetailleerde informatie per kruispunt en afslagbeweging beschikbaar en kunnen er plots van het netwerk gemaakt worden.

6.5. Toepassingen

SATURN kent dezelfde toepassingen als CONTRAM, te weten het analyseren van de effecten van bepaalde maatregelen op de routekeuze en de verkeersstromen in het netwerk. Deze maatregelen worden bij SATURN echter beperkt tot het optimaliseren van de stuurvariabelen en dat maakt het model alleen geschikt voor toeritdosering.

6.6. Opmerkingen

Het model is erg gevoelig voor HB-informatie, zodat een procedure aan het programma toegevoegd is, die een HB-matrix kan schatten. Voldoende nauwkeurigheid wordt echter niet gegarandeerd.
De calibratie van SATURN vraagt veel inzet en nauwkeurige gegevens.
Het voordeel van SATURN is, dat door het gebruik van een simulatiemodel de vertraging op kruispunten en ten gevolge van congestie nauwkeurig berekend worden. Nadelen zijn de generatie van pseudo-congestie en het niet meenemen van voorkennis, omtrent optredende congestie, in de routekeuze. Ondanks deze nadelen zijn met SATURN toch goede resultaten bereikt, o.a. in een voorstudie over toeritdosering bij de Coentunnel.

Literatuur: [8], [10] en [12].

Export uit de rest van de wereld

NVI ggr	Handel in 1.000 ton			% t.o.v. 1983		aantal waarnemingen afwijking t.o.v. 1983					
	BASIS 1986	REALI 1983	PROGN 1983	PERC DIF	U TEST	<-30%	-30^-10	-10^+10	+10^+30	> +30%	TOTAAL
1	18411.	15916.	18411.	15.68	1.0000	6	1	1	1	6	15
2	1595.	1024.	1595.	55.70	1.0000	2	2	2	2	7	15
3	0.	0.	0.	.00	.0000	0	0	0	0	0	0
4	1624.	3245.	1624.	-49.93	1.0000	9	1	1	0	4	15
5	1912.	1474.	1912.	29.75	1.0000	2	2	3	3	5	15
6	19392.	18098.	19392.	7.15	1.0000	1	1	7	3	3	15
7	1990.	3867.	1990.	-48.55	1.0000	8	2	0	3	2	15
8	1847.	1420.	1847.	30.03	1.0000	1	2	1	4	7	15
9	549.	2096.	549.	-73.80	1.0000	6	1	0	0	5	12
10	1083.	1473.	1083.	-26.48	1.0000	5	1	0	1	2	9
11	27107.	20407.	27107.	32.83	1.0000	2	0	0	1	1	4
12	31085.	16994.	31085.	82.92	1.0000	2	0	2	3	7	14
13	4804.	3517.	4804.	36.61	1.0000	4	4	2	1	4	15
14	10072.	7799.	10072.	29.15	1.0000	3	1	0	3	8	15
15	30881.	28228.	30881.	9.40	1.0000	1	2	3	4	5	15
16	1387.	1636.	1387.	-15.22	1.0000	6	1	3	2	3	15
17	14209.	7166.	14209.	98.27	1.0000	3	1	2	2	7	15
18	22215.	29865.	22215.	-25.62	1.0000	6	4	1	0	4	15
19	5822.	4866.	5822.	19.65	1.0000	4	2	1	2	4	13
20	14042.	9960.	14042.	40.98	1.0000	2	0	2	2	9	15
21	762.	456.	762.	67.00	1.0000	3	1	1	2	7	14
22	1280.	1241.	1280.	3.14	1.0000	1	3	1	0	8	13
23	9627.	9981.	9627.	-3.55	1.0000	2	4	3	2	4	15
24	7788.	7813.	7788.	-.33	1.0000	4	4	2	0	5	15
25	6800.	5288.	6800.	28.60	1.0000	1	2	2	2	8	15
26	2302.	3262.	2302.	-29.44	1.0000	6	6	1	0	2	15
27	12529.	10066.	12529.	24.47	1.0000	2	2	3	3	5	15
28	251115.	217159.	251115.	15.64	1.0000	92	50	44	46	132	364

Totaal

NVI ggr	Handel in 1.000 ton			% t.o.v. 1983		aantal waarnemingen afwijking t.o.v. 1983					
	BASIS 1986	REALI 1983	PROGN 1983	PERC DIF	U TEST	<-30%	-30^-10	-10^+10	+10^+30	> +30%	TOTAAL
1	52232.	56330.	52232.	-7.27	1.0000	79	9	8	10	69	175
2	32285.	19546.	32285.	65.18	1.0000	28	15	16	32	119	210
3	119.	111.	119.	7.13	1.0000	6	1	1	1	8	17
4	39495.	38974.	39495.	1.34	1.0000	50	21	27	20	78	196
5	13253.	10853.	13253.	22.11	1.0000	14	23	55	51	82	225
6	69911.	65404.	69911.	6.89	1.0000	12	23	42	56	95	228
7	42425.	40086	42425.	5.83	1.0000	56	18	27	22	78	201
8	28029.	26449.	28029.	5.97	1.0000	30	23	30	27	98	208
9	122827.	87882.	122827.	39.76	1.0000	37	13	7	7	61	125
10	8159.	8169.	8159.	-.13	1.0000	27	5	7	6	46	91
11	423773.	404508.	423773.	4.76	1.0000	10	4	9	9	14	46
12	219642.	170942.	219642.	28.49	1.0000	37	12	20	22	81	172
13	133348.	67198.	133348	98.44	1.0000	46	22	16	14	103	201
14	179303.	151616.	179303.	18.26	1.0000	43	32	23	24	78	200
15	97739.	84996.	97739.	14.99	1.0000	23	23	36	40	105	227
16	37456.	33666.	37456.	11.26	1.0000	37	17	26	24	75	179
17	101541.	79317.	101541.	28.02	1.0000	37	18	35	36	94	220
18	47935.	50236.	47935.	-4.58	1.0000	37	19	25	30	108	219
19	47237.	45201.	47237.	4.50	1.0000	40	23	28	19	63	173
20	66283.	45479.	66283.	45.74	1.0000	26	9	34	42	113	224
21	9202.	8517.	9202.	8.05	1.0000	37	12	19	11	73	152
22	15760.	13787.	15760.	14.31	1.0000	27	23	17	15	87	169
23	42704.	35020.	42704.	21.94	1.0000	25	15	27	50	111	228
24	24505.	22099.	24505.	10.89	1.0000	28	20	36	34	105	223
25	19458.	15423.	19458.	26.17	1.0000	15	16	33	57	107	228
26	8417.	8288.	8417.	1.55	1.0000	27	28	41	37	95	228
27	85151.	60609.	85151.	40.49	1.0000	10	10	40	47	121	228
28	1968192.	1650705.	1968192.	19.23	1.0000	844	454	685	743	2267	4993

7. INTRAS

7.1. Inleiding

Het **IN**tegrated-**TRA**ffic-**S**imulation programma werd voor de Federal Highway Administration in de Verenigde Staten ontwikkeld. Het programma simuleert de verkeersafwikkeling en evalueert de effecten van verkeersmanagement maatregelen op die afwikkeling voor een netwerk van autosnelwegen in samenhang met het onderliggende netwerk. Het is met name bedoeld voor incident management.

7.2. Werking

Het programma gebruikt een microscopisch, stochastisch model dat voor elke tijdstap individuele voertuigen door het netwerk beweegt, volgens hun gewenste snelheid en bestemming.
Het voert te ver om hier uitgebreid op in te gaan, maar een enkel detail is illustratief. Zo worden rechtsafslaande voertuigen op een kruispunt eerst vertraagd, voordat de beweging gemaakt wordt en wachten voertuigen, totdat een hiaat in de tegengestelde verkeersstroom groot genoeg is om linksaf te kunnen slaan.

7.3. Invoer

De invoer voor dit programma is uitgebreid en gedetailleerd. HB-matrices, het netwerk met veel gegevens over de schakels, de kruispunten, de verkeerslichtenregelingen op die kruispunten, enz, veel gegevens over de simulatie zelf en over de gewenste subroutines die gebruikt kunnen worden (bijvoorbeeld een subroutine die het brandstofverbruik berekent en een subroutine die ongevallen tracht te detecteren): het dient allemaal ingevoerd te worden. Dit alles maakt de verzorging van de invoer geen eenvoudige zaak.

7.4. Uitvoer

Wat voor de invoer gold, geldt ook voor de uitvoer: uitgebreid en gedetailleerd. De uitvoergegevens betreffen de controle op de invoer, de simulatie zelf, het brandstofverbruik, statistieken, detectie van ongevallen en grafische mogelijkheden.

7.5. Toepassingen

INTRAS werd ontwikkeld voor incident detectie en management en daar is het programma dan ook uitermate geschikt voor, aangezien het verschillende algoritmen en controlestrategieën kent om de mogelijkheden te analyseren.
Doordat het programma netwerken met autosnelwegen en onderliggende wegen simuleert, is het bovendien geschikt voor toeritdosering.

7.6. Opmerkingen

De ontwikkeling van INTRAS heeft de laatste jaren stilgestaan. Wel wordt er aan de TU-Delft gewerkt aan een kale versie van het programma, dat FOSIM genaamd is, maar dit is weer alleen geschikt voor autosnelwegen.

Literatuur: [1] en [8]

8. DYNAMIC NETWORK MODEL

8.1. Inleiding

Het Dynamic Network Model werd ontwikkeld door het bureau Hague Consulting Group. Het is een verbetering en een uitbreiding van het Threedimensional-Assignment-in-the-Time-Space model dat ontwikkeld werd door Hamerslag.

8.2. Werking

Het model is een semi-microscopisch simulatiemodel, dat uit een toedelingsmodel en een vertrektijdkeuzemodel bestaat.
Het toedelingsgedeelte van het simulatiemodel is gebaseerd op TATS. Bij de toedeling berekent TATS, evenals CONTRAM, de kortste route in de drie-dimensionale tijd-ruimte. Dit betekent dat er rekening wordt gehouden met voorkennis van het netwerk, die bij de weggebruiker aanwezig is. Na de berekening van de kortste routes wordt het verkeer in stukjes in het netwerk ingeladen. Het nadeel van TATS is echter dat er geen evenwichts-oplossing bereikt wordt. Door een iteratieve procedure te gebruiken en het verkeer in groepjes in het netwerk in te laden, is dit probleem in het verbeterde toedelingsmodel ondervangen. De eerste stap van de iteratieprocedure bestaat uit het berekenen van de kortste routes. Daarna wordt het verkeer ingeladen en worden opnieuw de kortste routes berekend.
Het vertrektijdkeuzemodel beschouwt weggebruikers die één of meer bottlenecks moeten passeren en die in staat zijn hun vertrektijd aan te passen, zodat congestie vermeden wordt. Het berekent de kans dat een weggebruiker vertrekt binnen een bepaalde periode.

8.3. Opmerkingen

Het model is nog in ontwikkeling, zodat precieze gegevens over de invoer, uitvoer en de toepassingen nog niet bekend zijn.
Het is de vraag of het Dynamic Network Model realistischer is, dat wil zeggen de werkelijkheid nauwkeuriger nabootst, dan bijvoorbeeld CONTRAM. Verder is de manier waarop de kortste routes berekend worden nog erg ondoorzichtig.

Literatuur: [2].

9. CONCLUSIES

Een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de verschillende modellen is te vinden in tabel 1.

	algemeen			toepassingen		
	netwerk	toedeling	beschikbaar	toeritdosering	route geleiding	incident management
METANET	autosnelweg	ja	ja	nee	ja	ja
FREQ	autosnelweg	gedeeltelijk	ja	ja	nee	nee
SIMAUT	autosnelweg	nee	ja	ja	nee	ja
CONTRAM	stedelijk	ja	ja	ja	nee	nee
CONTRAM-M	stedelijk/ autsnelweg	ja	nee	ja	ja	ja
SATURN	stedelijk/ autosnelweg	ja	ja	ja	nee	nee
INTRAS	stedelijk/ autosnelweg	nee	ja	ja	nee	ja
Dynamic Network Model	autosnelweg	ja	nee	onbekend	onbekend	onbekend

Tabel 1. Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat het moeilijk blijkt te zijn de autosnelwegen èn het onderliggende wegennet in één model te beschrijven. De meeste programma's zijn slechts voor één van beide wegennetten geschikt. Een positieve uitzondering hierop vormen CONTRAM, SATURN en INTRAS.
Ten tweede kan men concluderen dat de programma's nogal verschillende toepassingen kennen. Globaal kan men stellen dat voor toeritdosering FREQ, SIMAUT, CONTRAM, CONTRAM-M, SATURN en INTRAS geschikt zijn, voor routegeleiding kunnen METANET en CONTRAM-M gebruikt worden en voor wat betreft incident management springen METANET, SIMAUT, CONTRAM-M en INTRAS eruit. Het zal van de toepassing èn het studiegebied afhangen, welk programma het meest geschikt is.
Duidelijk is in ieder geval dat CONTRAM-M de meeste mogelijkheden heeft en er veelbelovend uit ziet. Nog niet duidelijk is echter wanneer het programma klaar is en of het benutten van deze mogelijkheden tot de gewenste resultaten leidt. Dit zal moeten blijken in de praktijk.
Het Dynamic Network Model is nog in het ontwikkelingsstadium, zodat nog niet bekend is voor welke toepassingen het geschikt gemaakt gaat worden. Wel is duidelijk dat de toedeling van dit model geen verbetering is ten opzichte van de toedeling die CONTRAM gebruikt.

10. BEGRIPPENLIJST

detecteren	:	het bepalen van de aanwezigheid van
deterministisch model	:	de waarden van de invoervariabelen van het model zijn eenduidig vastgelegd (er is geen loting uit een verdeling)
dynamisch	:	rekening houdend met de tijdsfactor
HB-matrix	:	Herkomst-Bestemmingsmatrix
HOV	:	High Occupancy Vehicle
opvolgingsgraad	:	het percentage weggebruikers dat een gegeven advies opvolgt
simuleren	:	het berekenen van de verkeersafwikkeling in een netwerk, gedurende een bepaalde periode
stochastisch model	:	de waarden van de invoervariabelen van het model worden getrokken uit een verdeling
toedelen	:	het verdelen van het verkeer over het netwerk volgens een bepaald criterium
voorspellen	:	toekomstige situaties doorrekenen

11. LITERATUUR

[1] Andrews, B.J. and Wicks, D.A., **INTRAS User's Manual**, Washington DC, oktober 1980

[2] Ben-Akiva, M., Hamerslag, R. and Kroes, E., **A Dynamic Network Equilibrium Model With Elastic Demand**, Pilot Study, Hague Consulting Group, januari 1990

[3] Cooper, R., Feldman, M. and May, A.D., **Development of Priority Strategies on Freeways**, Student Workbook, Berkeley, Maart 1977

[4] Deliverable N° 4, **Software for Traffic Flow Modelling on Linear Motorway: META & SIMAUT**, DRIVE project N° V 1035: 'CHRISTIANE', oktober 1990

[5] Deliverable N° 6, **Preliminary Theoretical Results (Network Modelling and Control)**, DRIVE project N° V 1035: 'CHRISTIANE', december 1989

[6] Deliverable N° 10 on WP 2, **METANET, A Simulation Program for Motorway Networks: Documentation**, DRIVE project N° V 1035: 'CHRISTIANE', november 1990

[7] Deliverable N° 20 on WP 3, **Linear Motorway Control: Aid-to-Decision Approach, Results of Simulation Study**, DRIVE project N° V 1035: 'CHRISTIANE', january 1991

[8] Gardes, Y en May, A.D., **Traffic Modelling to Evaluate Potential Benefits of Advanced Traffic Management and In-Vehicle Information Systems in a Freeway/Arterial Corridor**, Reportnr. UCB-ITS-PPR-90-3, Berkeley, June 1990

[9] Graham, A., Middelham, F. and Salem, H., **Field Trials Results of Ramp Metering Strategies**, DRIVE project N° V 1035: 'CHRISTIANE', Advanced Telematics in Road Transport, Volume 1, blz. 543-560, Amsterdam, 1991

[10] Grunsven, J.F.H. van, Kouwenberg, J.E., **SATURN Handleiding**, Afstudeerverslag VAT, Tilburg, mei 1985

[11] Immers, Ir. L.H., **Simulatie van de Verkeersafloop op Autosnelwegen**, Delft, maart 1979

[12] Immers, Ir. L.H., **State of the art, Simulatie en toedelingsmodellen**, Delft, december 1985

[13] Leonard, D.R., Gower, P. and Taylor, N.B., **CONTRAM: Structure of the Model**, TRRL Research Report 178, Crowthorne, Berkshire, 1989