PICA-seminar, October 27, 2008

From Reactive to Proactive Planning of Ambulance Services

Rob van der Mei

Group leader Probability and Stochastic Networks at CWI

Professor in Optimization of Business Processes at VU

joint work with Geertje Zuidhof

VUmc, October 27, 2008

Het PAROOL ZATERDAG 12 JULI 2008

Wiskunde redt levens

Kansberekening en modellering moeten ambulanceplanning in Amsterdam verbeteren.

JORINE ZANDHUIS

Doorscherpere voorspellingen met behulp van statistiek kunnen meer ambulances uitrukken voor minder geld. FOTO ANP

Ruim duizend wiskundigen uit heel Europa kopen komende week in Amsterdam rond. Deze invasie is te danken aan het vijfde Europese Wiskunde Congres (5ECM) in de RAI.

Hogere wiskunde... daar doen toch alleen genieën aan? Briljante mensen, maar wel een beetje wereldvreemd?

Rob van der Mei, hoogleraar aan de Vrije Universiteit en afdelingshoofd bij het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI), keert het beeld, maar bij is het er niet mee eens. "Wiskunde wordt vaak in een wonen toerntje geplaatst, maar eigenlijk zie je het overal om je heen."

Van der Mei hoopt over van voorbeelden waarin wiskunde belangrijk is, de TomTom, de klaverjaasbot, het gsm-netwerk en de NS-dienstregeling. Het project dat hij uitvoert voor de Regionale Ambulance Voorziening Agglomeratie Amsterdam, spreekt echter het meest tot de verbeelding. Op initiatief van de GGD Amsterdam ontwikkelt Van der Mei wiskundige modellen die de planning van ambulanceritten optimaliseren. Van der Mei: "Met een betere planning kan de ambulance eerder ter plekke zijn, en zo kunnen levens worden gered."

Uit eigen ervaring

De ambulancezorg in Nederland is op de zeeftje statistische wijze gegaard als in Amsterdam. Toch is de poging van de regio-ambulance in de hoofdstad om ambulancerritten te voorspellen uniek. Het idee kwam van Jan Kalden, clusterhoofd Ambulancezorg bij de GGD Amsterdam Kalden: "Voorheen werkte ik bij Interpay en Mastercard. Daar probeerden we transacties te voorspellen. Met succes, hoewel mensen dachten dat het onmogelijk was. Toen ik bij de ambulancezorg ging werken, bedacht ik dat het voorspellen van ritten dan misschien ook haalbaar is."

'Ambulance is eerder ter plekke met een betere planning'

In het verleden moesten uitrukken. Nu gaat hij nadenken over de factoren die invloed hebben op die gegevens. Deze invloeden gaat hij in een formule verwerken, die de vraag naar ambulances kan voorspellen.

PICA-seminar, October 27, 2008

What's the Problem?

- Targeted maximum "response time" for ambulance services is 15 minutes
- In many cases this target is not met
- Current planning of ambulance services <u>reactive</u> (over last 30+ years…)
  - ad-hoc real-time deployment decisions
  - significant amount of "idle time" among drivers
  - cost-inefficient
- <u>Believe</u>: missed efficiency gain by <u>proactive</u> planning

VUmc, October 27, 2008

What's the Problem?

PICA-seminar, October 27, 2008

- **Believe: missed efficiency gain by proactive planning**
  - **anticipation to predictable bursts of calls**
  - **smartly spreading out ambulances over geographical area**
- **Result: "service quality" could be strongly improved by using smart planning techniques**
- **Needed: Decision Support System for "planning ambulance" services**

Typical Planning Questions

PICA-seminar, October 27, 2008

- **How many ambulances should be employed and where should they be stationed?**
- **Which policies should be adopted as calls come in?**
- **How should dispatching decisions be made when multiple vehicles are available for dispatch?**
- **Should ambulances be used for less urgent patient transfers in addition to the usual emergency response function?**

How to Tackle the Problem?

PICA-seminar, October 27, 2008

Complication: randomness in service process

- travel times (traffic jams)
- chute times
- service times

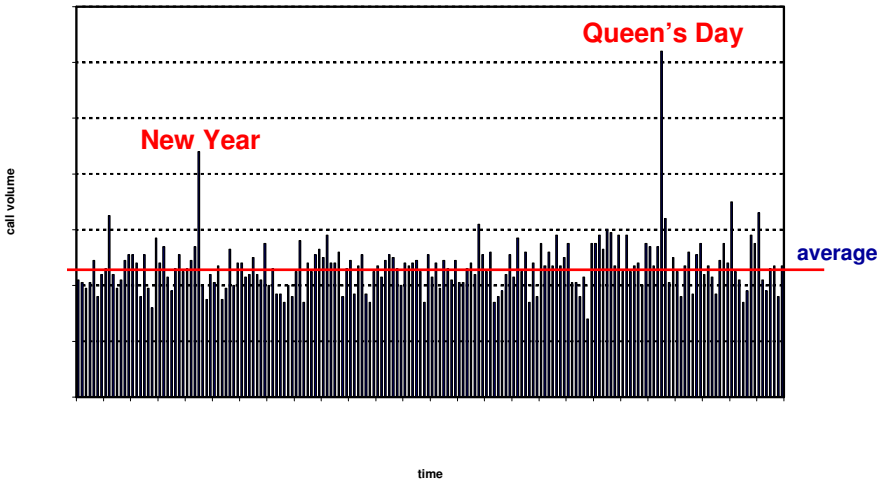
Approach:

1. Develop good forecasting techniques for call volumes
2. Location and staffing algorithms
3. Real-time dispatching policies

VUmc, October 27, 2008

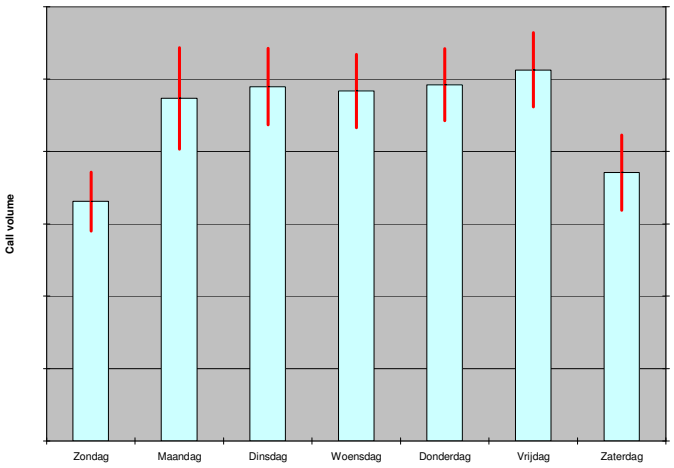
Initial Data Analysis

PICA-seminar, October 27, 2008



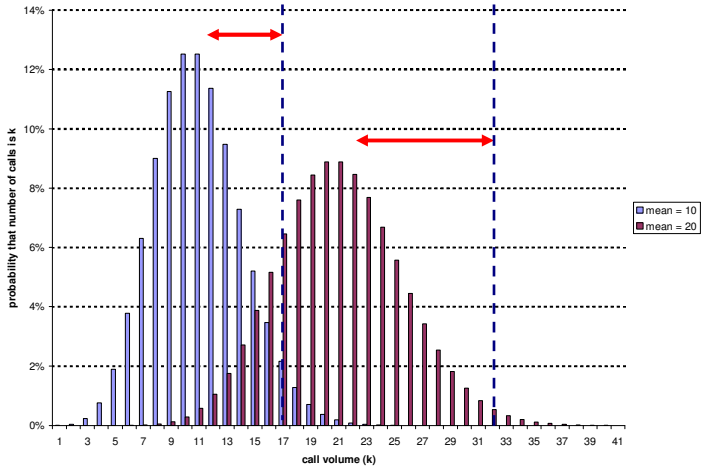
VUmc, October 27, 2008

Call Volume Distribution over Weeks



- **In weekend's 20-30% fewer emergency calls**
- **Weekdays comparable**

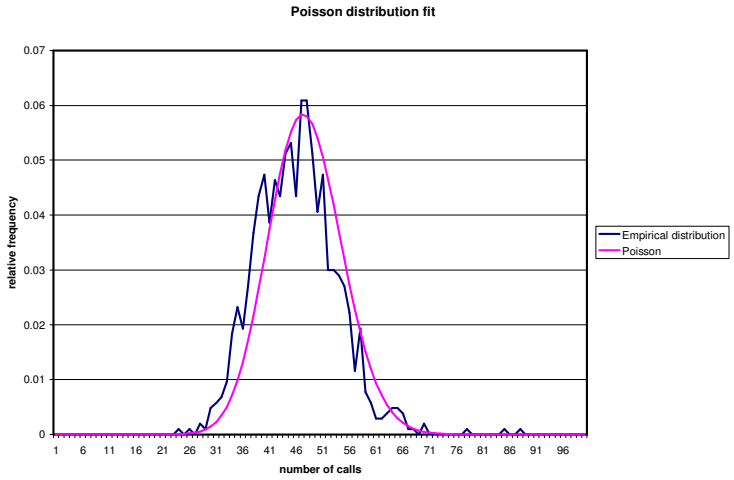
Poisson Distribution



Theory: number of calls has Poisson distribution

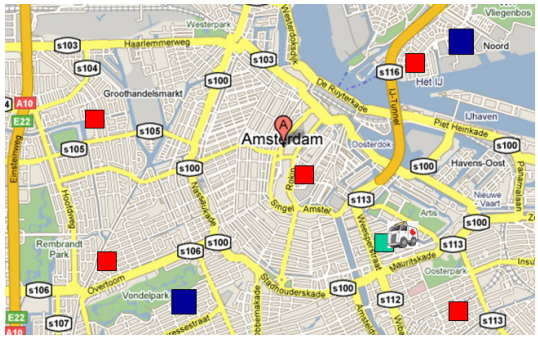
$$\text{standard deviation} = \sqrt{\text{mean}}$$

Empirical Validation



- Poisson distribution per day fits quite well
- Outliers have not been removed here
- Per-weekday plot would most likely lead to better results

Forecasting Call Volumes



Predictions for total ambulance call volumes

Time-correlation structures important for predictability

Initial observations from data analysis:

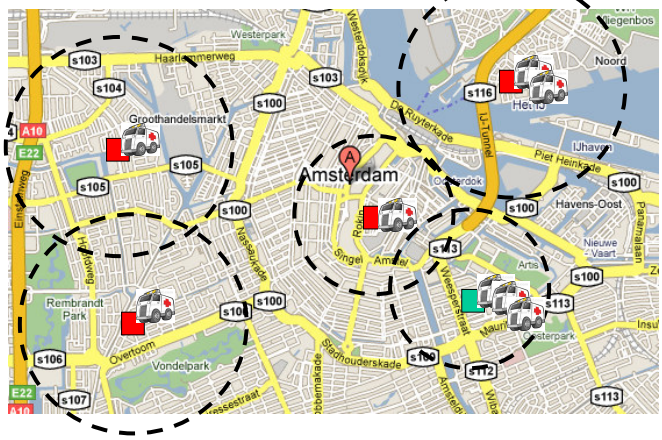
- calls within a single day correlated (1, 2 and 24 hours)
- calls independent of call volume the week before
- same distribution for Monday- Thursday

Forecasting over Time and Space

Predictions for call volumes over time and space

- historical data for different emergency classes
- space and time are strongly correlated
- what factors are correlated with call volumes?
  - weather circumstances
  - traffic information
  - demographic/geographic information?
- develop models that include such factors to get better forecasts

Location and Staffing



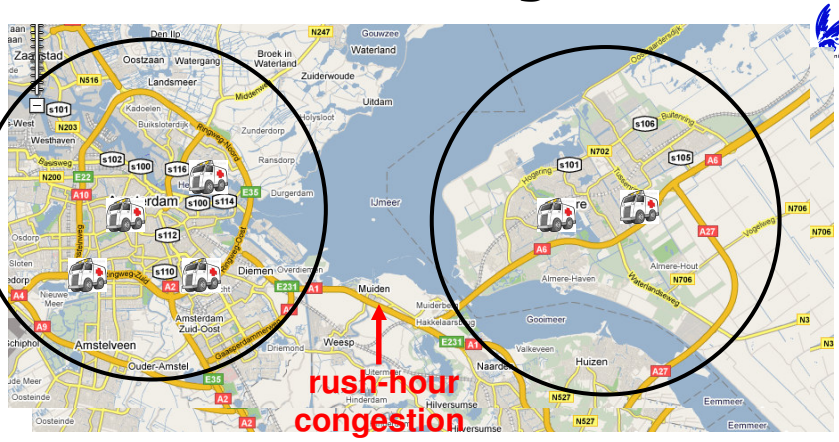
home location

base locations

coverage

How many base locations are needed and where?
How many ambulance vehicles should be homed there?
How to roster ambulance vehicles and personnel?

Location and Staffing Problems

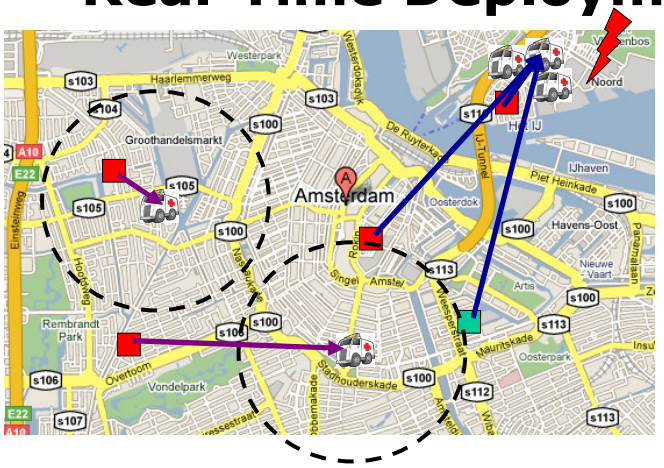


- Staffing proportional to expected call volume?
- Take into account expected travel times

VUmc, October 27, 2008

PICA-seminar, October 27, 2008

Real-Time Deployment

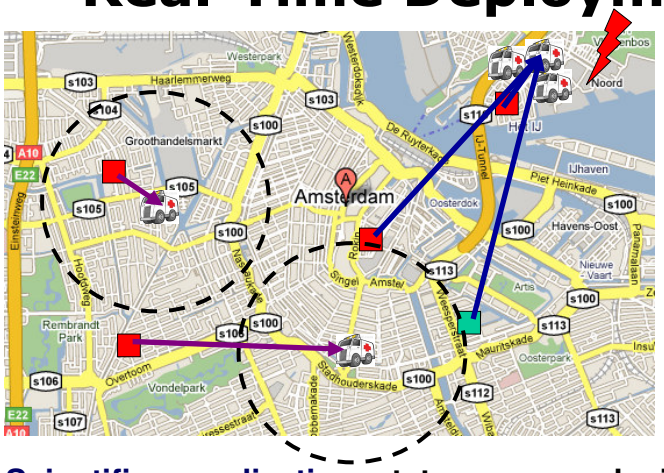


How to do smart <u>real-time</u> (re-)deployment?
Limits to number of passive movement actions
Markov decision framework to derive optimal actions

VUmc, October 27, 2008

PICA-seminar, October 27, 2008

Real-Time Deployment



home location

base locations

coverage

Scientific complication: state-space explosion

Solutions:

- **Approximate Dynamic Programming**
- **Parameterization of the value function**

Other Application Areas

Fire brigades: low-load scenario

Police patrolling: visibility crucial