

# Applied Data Science: **Smart Building**



**DE HAAGSE**  
HOGESCHOOL

## Inhoudsopgave:

- Korte introductie
- Waar staan we op dit moment?
- Rule Based System
- Factoranalyse
- Bayesian Belief Network (BBN)
- Neural Networks
- Aankomende weken

## Korte introductie

- Defecten of afwijkingen aan sensoren, in het klimaatsysteem, worden niet (tijdig) gedetecteerd in De Haagse Hogeschool Delft.
- Onderzoek naar verschillende methoden voor de detectie van defecten/afwijkingen.
- Het visualiseren van defecten/afwijkingen a.d.h.v. de 'beste' onderzochte methode in een systeem.



DE HAAGSE  
HOGESCHOOL

## Waar staan we?

- We onderzoeken drie methoden voor het detecteren van defecten/afwijkingen op basis van eerdere onderzoeken.
- Er zijn verschillende virtualisatie tools onderzocht om de ruwe data weer te geven.
- Een aantal anomalieën zijn bekend.
- We zijn bezig om zoveel mogelijk anomalieën in kaart te brengen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Lokaal		Vanaf wanneer	Tot wanneer	Situatie	Verandering	Opmerkingen
2							
3	0.005 (B4.01) Studielandschap		1-01-12	-	CO2 sensor probably broken	T/m de periode 01-07-2013 - 01-08-2013 wordt er alleen de genoteerde situatie berekend. Hierna komen er "AIR sensor.." situaties bij.	Hier lijkt het goed mogelijk dat de sensor vanaf begin af aan al kapot is. De vraag is tevens waar dit lokaal gesitueerd is, heeft het te maken met de deuren naar buiten e.d.?
4	0.014 (B3.03a) Praktijkruimte		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	Vanaf de omschakeling komen er meerdere andere situaties bij, waaronder normale situaties e.d.	
5	0.014 (B3.03b B3.04) Praktijkruimte		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
6	0.031 (E07) Facilitair Kantoor		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
7	0.033 (E05) Schoonmaak Kantoor		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
8	0.035 (E02) Opslag Facilitair bedrijf		1-01-12	1-10-2014	CO2 sensor probably broken		
9	0.081 (A1.04c) Praktijkruimte		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	Vanaf de omschakeling komen er meerdere andere situaties bij, waaronder normale situaties e.d.	
10	0.087 (B4.03) Praktijkruimte		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
11	0.097 (B4.04) Praktijkruimte		1-01-12		CO2 sensor probably broken		Sensor lijkt vanaf het begin al kapot
12	0.112 (C11/12) Regio Regisseur		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	Vanaf de omschakeling komen er meerdere andere situaties bij, waaronder normale situaties e.d.	
13	0.118 (C1.10) EHBO		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
14	0.126 (C04) Zaal groot		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
15	0.136 (C03) Zaal		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	""	
16	1.013 (A2.04b) Praktijkruimte		1-01-12	1-12-2013	CO2 sensor probably broken	01-12-13 is het omslagpunt, vanaf hier komen er nieuwe situaties bij.	
17	1.015 (A2.04a) Praktijkruimte		1-01-12	1-08-2013	Geen waarde	Er wordt geen waarde gemeten, vanaf 01-08-2013 wordt ineens de TEMP situatie gemeten, deze spiked vervolgens en neem hierna weer af.	Het is belangrijk om te bekijken wat er gebeurt met deze ruimte vanaf 01-08-2013 in vergelijking met ervoor. Tevens is het belangrijk dat we weten waarom het spiked
18	1.021 (B3.02) Instructieruimte		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	Vanaf de omschakeling komen er meerdere andere situaties bij, waaronder normale situaties e.d.	
19	1.031 (B3.08a) Werkkamer		1-01-12	1-08-2013	Empty Classroom	De anderen situaties nemen stapsgewijs toe	Ofwel deze kamer werd ineens meer gebruikt, ofwel er was tot deze periode wat mis.
20	1.032 (B3.06a) Spreekkamer		1-01-12	1-08-2013	CO2 sensor probably broken	Vanaf de omschakeling komen er meerdere andere situaties bij, waaronder normale situaties e.d.	

## Rule Based System:

- Alle anomalieën in kaart gebracht
  - Meerdere anomalieën per lokaal

# Rule Based System:

- Afmaken Situaties XML
  - Situaties komen meerdere keren voor
  - Zelfde waardes geven verschillende 'situaties'
  - Specifieke situaties worden op één hoop gegooid.

PIR Sensor probably broken [Temp CO2 CO2Dev CO2MAX]

	Is functionin g	MaxDevia tion	MaxDevia tionViolat ed	<u>hasConst antValue</u>	<u>maxAcce ptable</u>	<u>maxAcce ptableViol ated</u>
co2 sensor	True	400	True	False	600	True
<u>Tempatur e</u>	True				22	True
Airflow	True	50	False			
Lightstate	True					
PIRsenso r	False					

PIR Sensor probably broken [Light Air Temp TempMAX CO2]

	Is functionin g	MaxDevia tion	MaxDevia tionViolat ed	<u>hasConst antValue</u>	<u>maxAcce ptable</u>	<u>maxAcce ptableViol ated</u>
co2 sensor	True	400	False	False	600	False
<u>Tempatur e</u>	True				22	True
Airflow	True	50	False			
Lightstate	True					
PIRsenso r	False					

# Rule Based System:

A		B		C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
					1/1/2012							2/1/2012								3/1/2012								4/1/2012							
					2/1/2012							3/1/2012								4/1/2012								5/1/2012							
					761	3						713	9							760	7							737	9						
					Normal situation							Normal situation								Normal situation								Normal situation							
					Empty classroom							Empty classroom								Empty classroom								Empty classroom							
					Lots of people present							Lots of people present								Lots of people present								Lots of people present							
					TEMP sensor probably broken							TEMP sensor probably broken								TEMP sensor probably broken								TEMP sensor probably broken							
					PIR sensor probably broken							PIR sensor probably broken								PIR sensor probably broken								PIR sensor probably broken							
					AIR sensor probably broken							AIR sensor probably broken								AIR sensor probably broken								AIR sensor probably broken							
					CO2 sensor probably broken							CO2 sensor probably broken								CO2 sensor probably broken								CO2 sensor probably broken							
					Normal situation							Normal situation								Normal situation								Normal situation							
					Empty classroom							Empty classroom								Empty classroom								Empty classroom							
					Lots of people present							Lots of people present								Lots of people present								Lots of people present							
					TEMP sensor probably broken							TEMP sensor probably broken								TEMP sensor probably broken								TEMP sensor probably broken							
					PIR sensor probably broken							PIR sensor probably broken								PIR sensor probably broken								PIR sensor probably broken							
					AIR sensor probably broken							AIR sensor probably broken								AIR sensor probably broken								AIR sensor probably broken							
					CO2 sensor probably broken							CO2 sensor probably broken								CO2 sensor probably broken								CO2 sensor probably broken							
0033 (E05) Schoonmaak Kantoor											761								713								760							737	
0035 (E02) Opleiding Facilitair bedrijf											761								713								760							737	
0037 (J08) MER-SER	No sensors found	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0040 (H3.07) Verkeersruimte (LaLo)	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0042 (F01) Toilet Heren Begane Grond Noord	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0042 Toilet1	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0042 Toilet2	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0043 (J11) Traficruimte	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0045 (J12) Chemischafuimte	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0049 (E06) Laad/los Afvalcontainers	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0051 (A1.04a) Praktijkruimte		164	574	3		8	12					243	470							202	558							257	480						
0052 (A1.01) Studielandschap		227	515	4		5	10					324	386	3						242	449	39					1	29	308	423	3				
0065 (H3.05) Trappenhuis F1	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0067 (A1.08a) Praktijkruimte		41	550	123		17	30					78	460	134				41		23	545	124			6	62		10	478	130			1	118	
0070 (H2.07) Verkeersruimte (Voor Trappenhuis)	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0070 (H5.07) Verkeersruimte (Praktijkgang)	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0073 (A1.03b) Praktijkruimte		99	576	66		9	11					167	472	59			15		73	527	111					20	29	78	488	103				68	
0075 (A1.03c) Praktijkruimte		13	657	47		6	38					761			20	558	50		1	84						51		1	558	58				120	
0081 (A1.04c) Praktijkruimte											761								713								748							737	
0087 (B4.03) Praktijkruimte											761								713								760							737	
0089 Praktijkruimte	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0097 (B4.04) Praktijkruimte											761								713								754							737	
0100 (H7.01) Verkeersruimte (Kantinezene)	Not all needed sensors	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

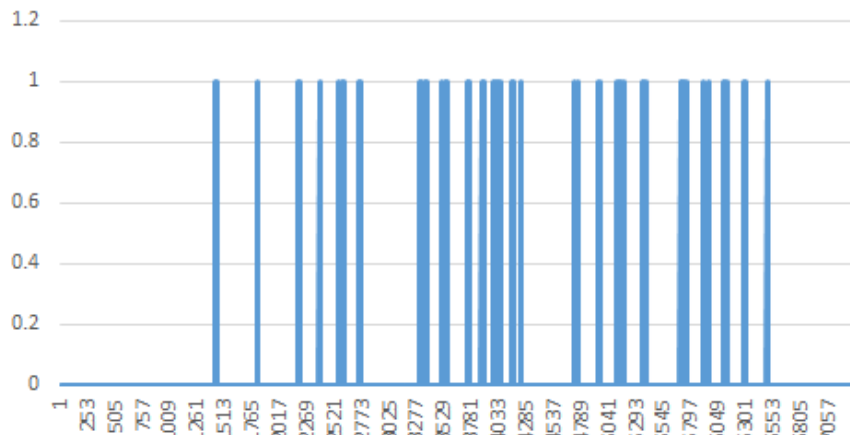
PIR Sensor probably broken [Light Air Temp TempMAX CO2]

	Is functioning	MaxDeviation	MaxDeviationViolated	hasConstantValue	maxAccceptable	maxAcceptableViolated
co2 sensor	True	400	False	False	600	False
Temperature	True				22	True
Airflow	True	50	False			
Lightstate	True					
PIRsensor	False					

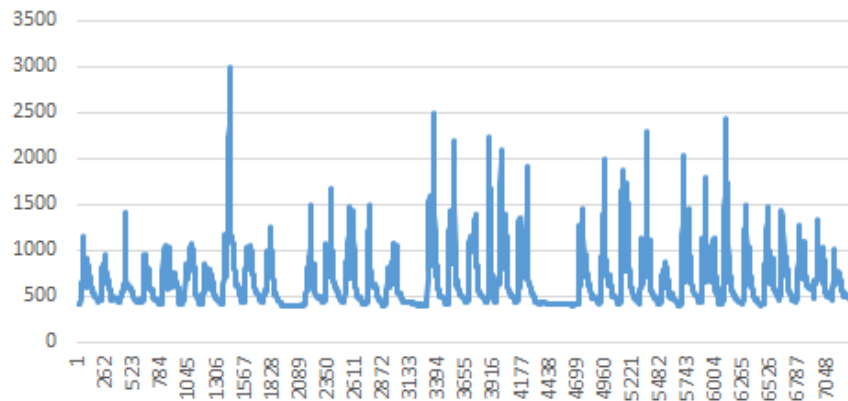
# Factoranalyse

- Weer opgepakt
  - kleinere intervallen uitproberen
- Is een stuk interessanter
- Echte situaties
  - Ventilatie aan zonder aanwezigheid
  - Warm, maar geen aanpassing aan klimaatregelsysteem

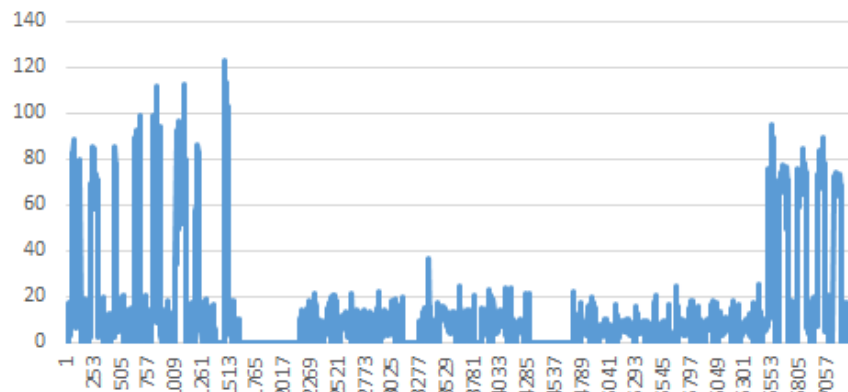
Hoog CO2 waar niet genoeg aan is gedaan



2.008 (B2.06a) Spreekkamer-CO2 Level OG0B3B  
{307351} average



2.008 (B2.06a) Spreekkamer-Actual Air Flow  
OG0480 {55339} average

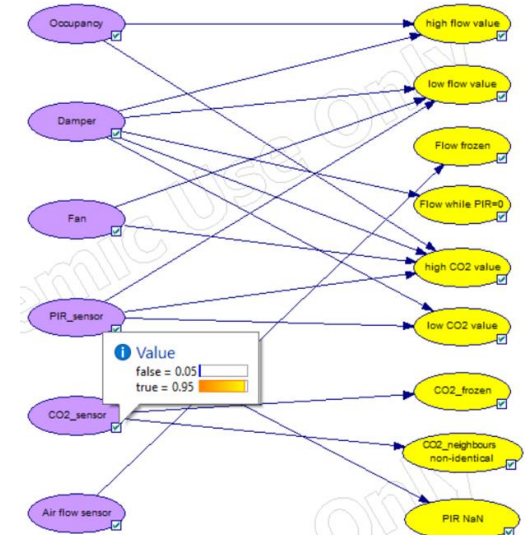




# Bayesian Belief Network (BBN)

- Omzetten van data ('normale gegevens') naar rule-values (enen en nullen) blijft moeilijk
  - Gekeken naar mogelijkheid intervallen op basis van gemiddelde en std

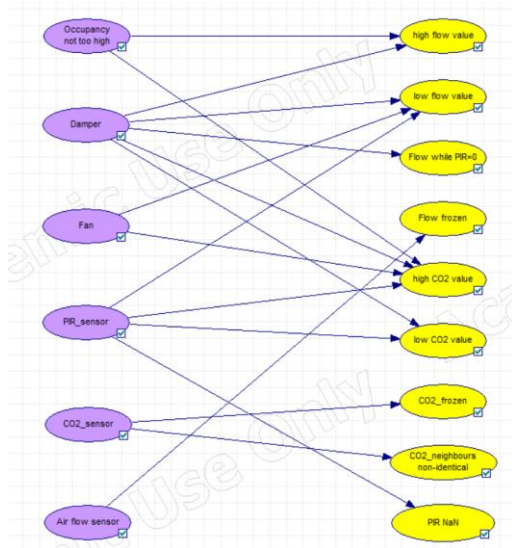
			Laag	Hoog
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-cBedrijfsStatus B2.0...	2.39842	4.00913	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-Valve Actual Positio...	-52.4187	96.8538	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-Temperature 0 OG0221...	18.4979	23.6597	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-MeasAirflow 2.008 (B...	-31.1051	56.419	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-LampEnergy OG117B {1...	-17423.2	25278.7	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-IrtempObjectTemp OG...	20.2714	26.6908	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-IrtempAmbientTemp O...	20.638	25.393	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-EstimatedPresence 2....	-0.594383	0.97544	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-CO2 Level OG0B3B {3...	84.6789	1211.71	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-Air Flow Pressure Di...	-7.13465	10.0677	
2.008 (B2.06a)	Spreekkamer-Actual Air Flow OG04...	-31.0717	56.287	



# Bayesian Belief Network (BBN)

- Occupancy deed vervelend → naam veranderd
  - Occupancy too high → Occupancy **not** too high

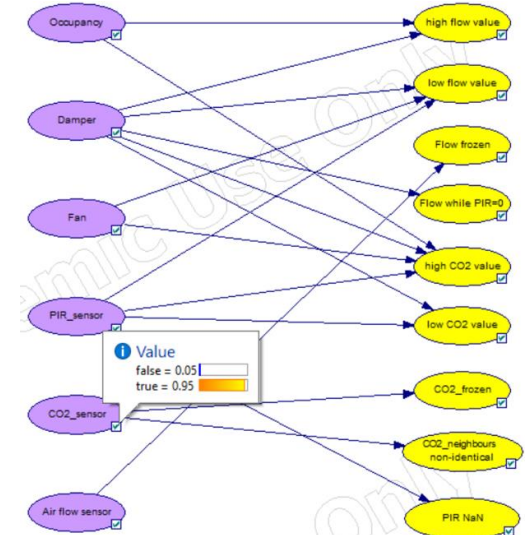
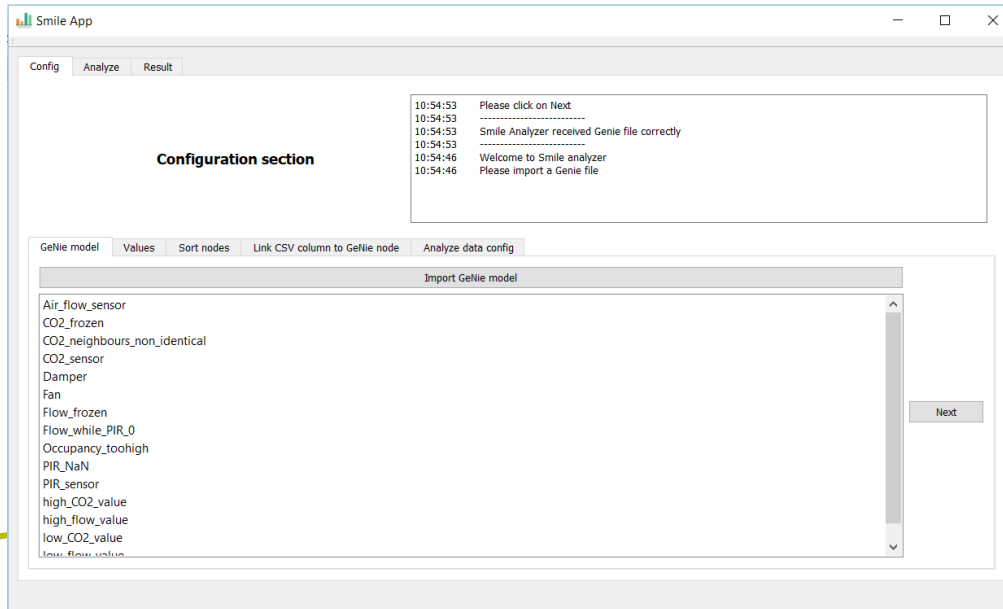
1	Datum en tijd (uur)	High_flow	Low_flow	Flow_froze	Flow_while	High_CO2	Low_CO2	CO2_froze	CO2_neigh	PIR_NaN
2	1-7-2014 00:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
3	1-7-2014 01:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
4	1-7-2014 02:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
5	1-7-2014 03:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
6	1-7-2014 04:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
7	1-7-2014 05:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
8	1-7-2014 06:00	1	0	1	1	1	1	1	0	1
9	1-7-2014 07:00	1	1	1	1	1	1	1	0	1
10	1-7-2014 08:00	1	1	1	1	0	1	1	0	1
11	1-7-2014 09:00	1	1	1	1	0	1	1	0	1
12	1-7-2014 10:00	1	1	1	1	0	1	1	0	1
13	1-7-2014 11:00	0	1	1	1	0	1	1	0	1
14	1-7-2014 12:00	1	1	1	1					
15	1-7-2014 13:00	1	1	1	1					



1	Air_flow_s	Air_flow_s	CO2_sens	CO2_sens	Damper	Damper	Fan	Fan	Occupancy	Occupancy	PIR_senso	PIR_sensor
2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
3	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
4	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
5	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
6	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
7	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
8	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
9	0	1	0	1	1	0	0	1	0,000278	0,999722	0	1
10	0	1	0	1	2,45E-05	0,999976	0	1	0,000278	0,999722	0	1
11	0	1	0	1	0,003918	0,996082	0,16214	0,83786	0,834888	0,165112	0	1
12	0	1	0	1	0,003918	0,996082	0,16214	0,83786	0,834888	0,165112	0	1
13	0	1	0	1	0,003918	0,996082	0,16214	0,83786	0,834888	0,165112	0	1
14	0	1	0	1	0,000347	0,999653	0,001073	0,998927	0,999756	0,000244	0	1
15	0	1	0	1	0,003918	0,996082	0,16214	0,83786	0,834888	0,165112	0	1

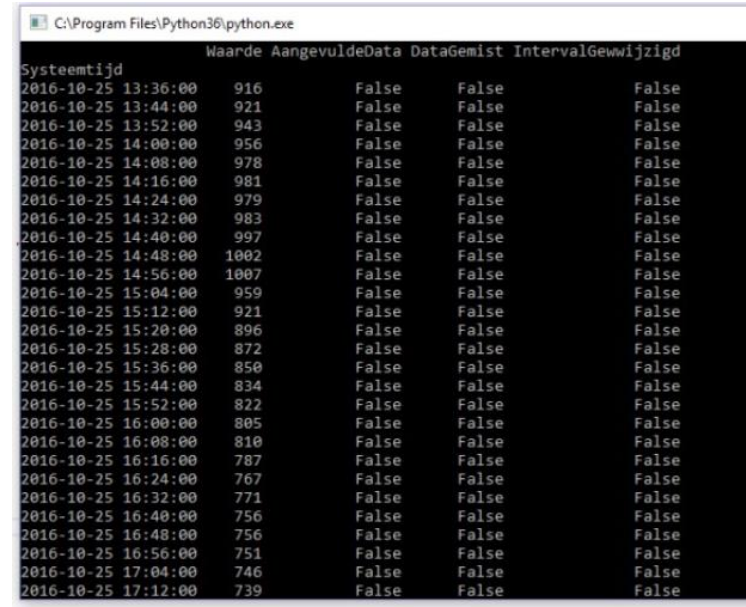
# Bayesian Belief Network (BBN)

- Doorspitten en verbeteren van de Smile App code
  - Verschillende CSV bestanden feeden
  - Connectie maken met database i.p.v. CSV bestanden feeden



# Bayesian Belief Network (BBN)

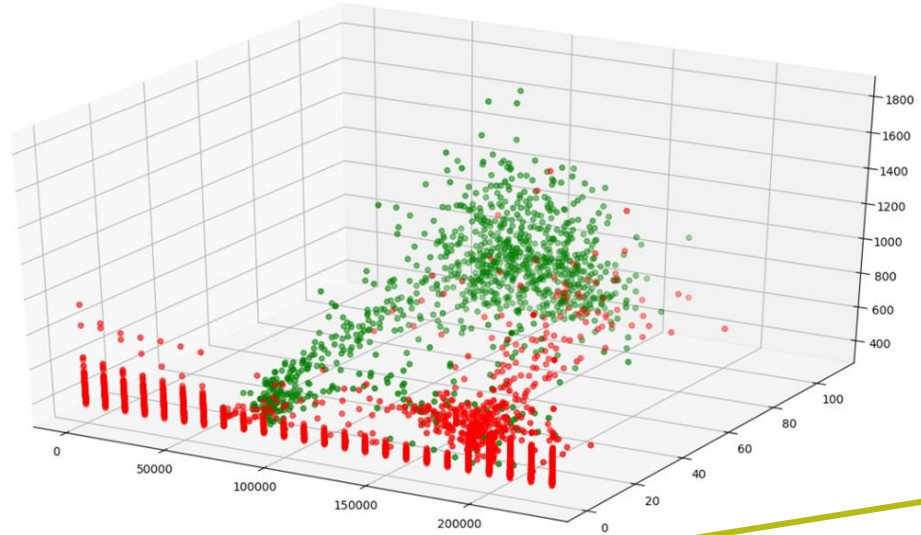
- Connectie tussen nieuwe database en python
  - Geen logische kolomnamen
    - Verband tussen kolomnaam en lokaal is onduidelijk
  - Implementatie BBN in python



Systeemtijd	Waarde	AangevuldeData	DataGemist	IntervalGewijzigd
2016-10-25 13:36:00	916	False	False	False
2016-10-25 13:44:00	921	False	False	False
2016-10-25 13:52:00	943	False	False	False
2016-10-25 14:00:00	956	False	False	False
2016-10-25 14:08:00	978	False	False	False
2016-10-25 14:16:00	981	False	False	False
2016-10-25 14:24:00	979	False	False	False
2016-10-25 14:32:00	983	False	False	False
2016-10-25 14:40:00	997	False	False	False
2016-10-25 14:48:00	1002	False	False	False
2016-10-25 14:56:00	1007	False	False	False
2016-10-25 15:04:00	959	False	False	False
2016-10-25 15:12:00	921	False	False	False
2016-10-25 15:20:00	896	False	False	False
2016-10-25 15:28:00	872	False	False	False
2016-10-25 15:36:00	850	False	False	False
2016-10-25 15:44:00	834	False	False	False
2016-10-25 15:52:00	822	False	False	False
2016-10-25 16:00:00	805	False	False	False
2016-10-25 16:08:00	810	False	False	False
2016-10-25 16:16:00	787	False	False	False
2016-10-25 16:24:00	767	False	False	False
2016-10-25 16:32:00	771	False	False	False
2016-10-25 16:40:00	756	False	False	False
2016-10-25 16:48:00	756	False	False	False
2016-10-25 16:56:00	751	False	False	False
2016-10-25 17:04:00	746	False	False	False
2016-10-25 17:12:00	739	False	False	False

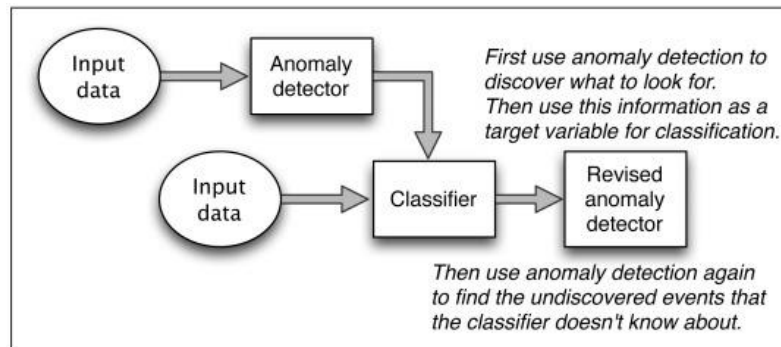
# Deep learning

- Long short-term memory tutorial machinelearningmastery: Multivariate Time Series Forecasting with LSTMs in Keras.
- Nu code aanpassen voor Smart Building.
- Data visualiseren.
- Probleem blijft geen gelabelde data



## Deep Learning groep

- Anomaly detector creëren. Dit zal de Data labelen.
- Classifier wordt een LSTM.



### **Planning RBS:**

- Saw expert code ontleden zodat specifiek een anomalie gedetecteerd wordt
- Oorzaak van die anomalie achterhalen
- Verbanden zoeken/plotten van resultaten

### **Planning DL:**

- Onderzoeken of Simplified Static Models toepasbaar zijn.
- Verder met data cleaning.
- Verder met maken van werkend neural network.

### **Planning BBN:**

- Doorspitten en verbeteren van de Smile App code (BBN)
  - ☐ Verschillende soorten delimiters accepteren
  - ✓ Laatste regel data wordt verwijderd
  - ☐ Resultaten “mooi” weergeven
  - ☐ Automatiseren
  - ☐ Connectie met database

**Vragen?**



**DE HAAGSE**  
HOGESCHOOL