

Les E-03 Kritieke pad problemen in projecten

3.1 Projecten beheersen

Projecten bestaan vaak uit meerdere deelactiviteiten. Deze activiteiten beslaan een bepaalde tijd. Daarnaast kunnen sommige activiteiten pas worden gestart als andere zijn afgerond. Denk bijvoorbeeld aan de bouw van een huis: de muren kunnen pas worden geplaatst als de fundering is gelegd en er kan pas gemetseld worden als de buitenmuren klaar zijn. Om dit soort projecten te beheersen is het van belang om de starttijden van elke activiteit zo gunstig mogelijk te plannen.

Het **kritieke pad** is de aaneenschakeling van activiteiten die voor de kortst mogelijke projectduur zorgt.

3.2 Wat is de kritieke padmethode?

De **kritieke padmethode** (**critical path method** ofwel **CPM**) is een methode om de starttijden van verschillende deelactiviteiten van een project te bepalen en daarmee de totale projectduur te plannen.

Naast de bouw van een huis zijn er nog andere voorbeelden van projecten waarin het van belang is om de totale tijdsduur van een project te beheersen:

- het herstellen van een patiënt met verschillende behandelingen
- het ontwikkelen van software in verschillende fasen
- de constructie van een vliegtuig uit verschillende onderdelen
- herstel en onderhoud van een gebouw in verschillende fasen
- het installeren van een groot computernetwerk

In al deze voorbeelden is het van belang om de totale projectduur zo klein mogelijk te maken. In deze lesbrief wordt uitgelegd hoe je dat kunt bereiken met de kritieke padmethode. Aan de hand van het voorbeeld van de bouw van een huis wordt een aantal aspecten van de kritieke padmethode uitgewerkt.

Deze aspecten zijn:

1. Hoe modelleer je een kritieke padprobleem als een netwerkprobleem?
2. Hoe vind je het kritieke pad in het beschreven netwerk?
3. Met welk algoritme kan je een kritiek pad vinden?
4. Hoe wordt zo'n algoritme in projectplanningssoftware gebruikt?

3.3 Modelleren van een kritieke padprobleem.

De bouw van een huis verloopt in fasen. Voor verschillende fasen van de bouw wordt aan verschillende aannemers opdracht gegeven om een deel van het bouwproject uit te voeren.

In het voorbeeld hieronder staat een tabel met de activiteiten die uitgevoerd moeten worden bij de bouw van een huis. Tevens staat in de tabel vermeld welke activiteiten voorafgaand aan elke activiteit moeten zijn uitgevoerd en wat de geschatte duur van de activiteiten is.

Voorbeeld

Activiteit	omschrijving	wordt voorafgegaan door	geschatte duur (in weken)
<i>A</i>	bouwrijp maken		2
<i>B</i>	fundering aanleggen	<i>A</i>	4
<i>C</i>	muren plaatsen	<i>B</i>	10
<i>D</i>	dak plaatsen	<i>C</i>	6
<i>E</i>	loodgieterwerk buiten	<i>C</i>	4
<i>F</i>	loodgieterwerk binnen	<i>E</i>	5
<i>G</i>	metselwerk buiten	<i>D</i>	7
<i>H</i>	schilderwerk buiten	<i>E, G</i>	9
<i>I</i>	elektriciteit aanleggen	<i>C</i>	3
<i>J</i>	badkamer installeren	<i>F, I</i>	3
<i>K</i>	keuken installeren	<i>F, I</i>	2
<i>L</i>	schilderwerk binnen	<i>K</i>	5
<i>M</i>	afwerking buiten	<i>H</i>	2
<i>N</i>	afwerking binnen	<i>L</i>	6

Tabel 3.1 lijst van activiteiten bij de bouw van een huis

Opdracht 3.1

Wat is de maximaal geschatte tijd waaruit het bouwproject zou bestaan als alle activiteiten na elkaar worden uitgevoerd?

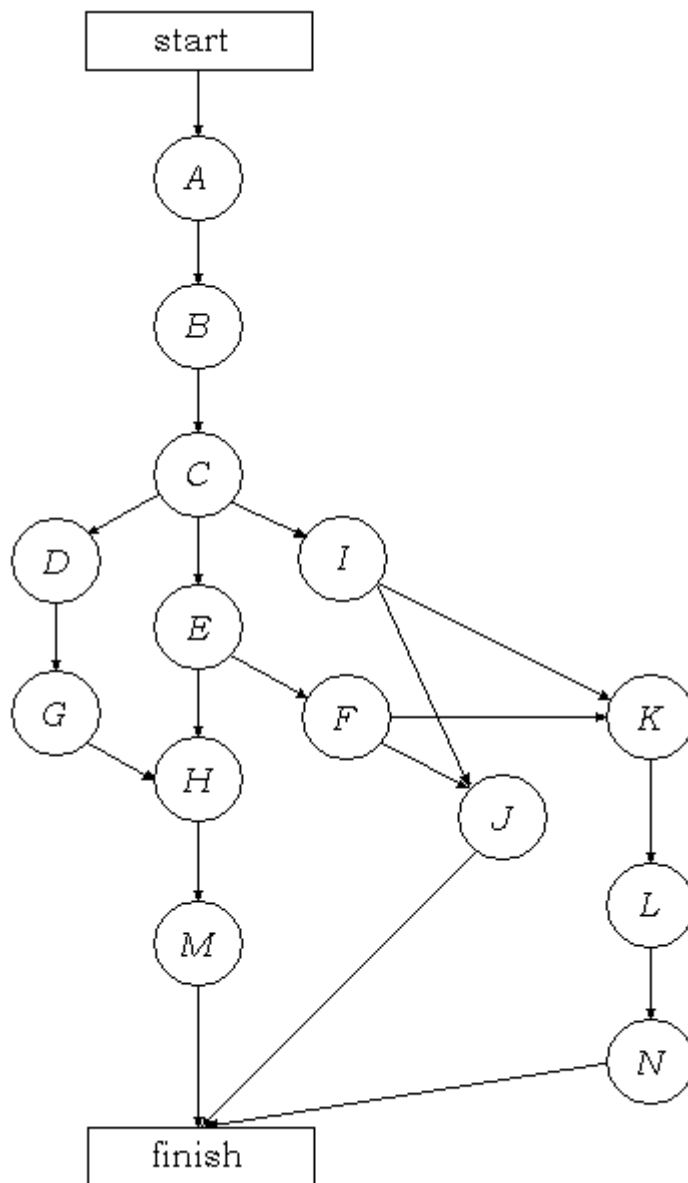
Opdracht 3.2

Waarom kan deze maximaal geschatte tijd worden beperkt?

Opdracht 3.3

Welk percentage schat je van de maximaal geschatte tijd af te kunnen halen?

Bij de lijst met activiteiten kan een **netwerk** worden getekend waarin de activiteiten en hun onderlinge afhankelijkheid worden weergegeven:



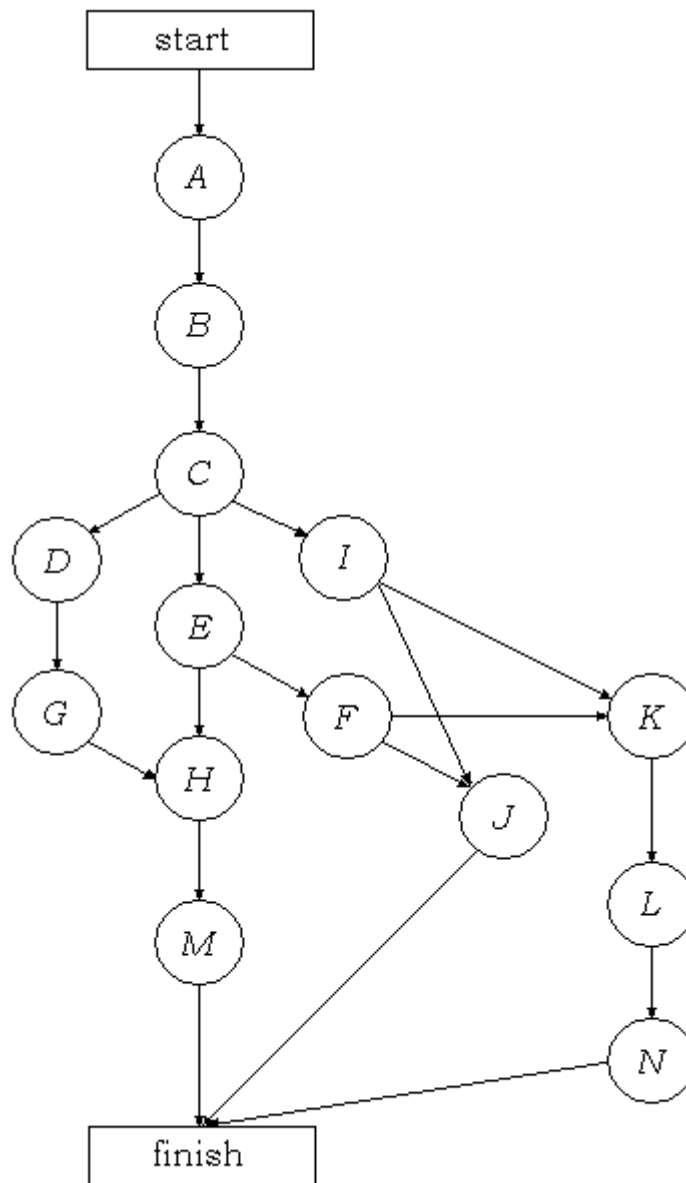
Figuur 3.1 Netwerkweggeve bij het voorbeeld “bouw van een huis”

In dit netwerk dient met behulp van de geschatte duur van iedere activiteit te worden nagegaan in welke tijd het project klaar kan zijn.



Opdracht 3.4

Zet in de figuur hieronder bij iedere activiteit de geschatte tijdsduur en probeer met behulp van de figuur de kortst mogelijke projectduur te bepalen.



Figuur 3.2 Zoek de kortst mogelijke projectduur

Het **kritieke pad** is de aaneenschakeling van activiteiten die voor de kortst mogelijke projectduur zorgt.

Opdracht 3.5

Geef in de figuur hierboven het kritieke pad aan.

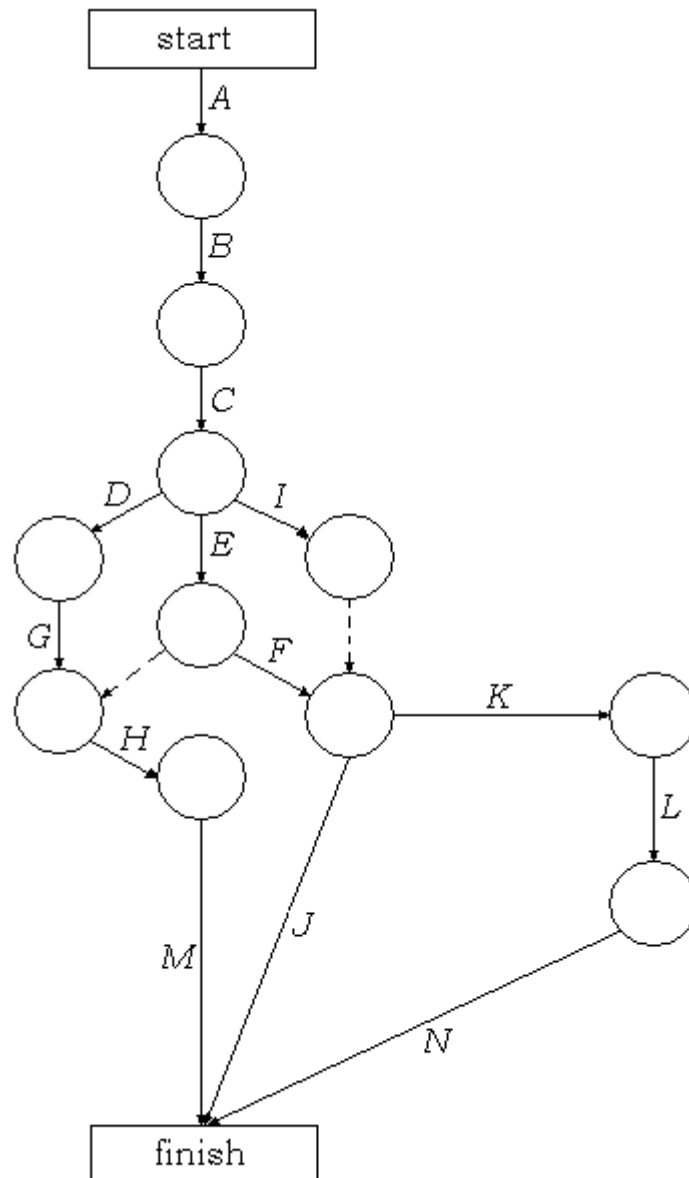
Opdracht 3.6

Probeer je werkwijze om aan het kritieke pad te komen te vertalen in een algoritme, waarin het kritieke pad op systematische wijze gevonden wordt.

De keuze van het netwerk in figuur 3.1 en 3.2 is een voor de hand liggende keuze. Het netwerk geeft duidelijk weer op welke wijze het startpunt van elke activiteit afhangt van voorafgaande activiteiten. We spreken van een netwerk waarin elke **knoop** een activiteit weergeeft (**activity on node**), een **AON-netwerk**.

Bij het berekenen van de kortst mogelijke projectduur blijkt deze keuze echter niet zo handig. Een handigere weergave wordt gegeven door een netwerk waarin elke **tak** een activiteit weergeeft (**activity on arc**), een **AOA-netwerk**.

Het AOA-netwerk bij het “bouwen van een huis” ziet er als volgt uit:

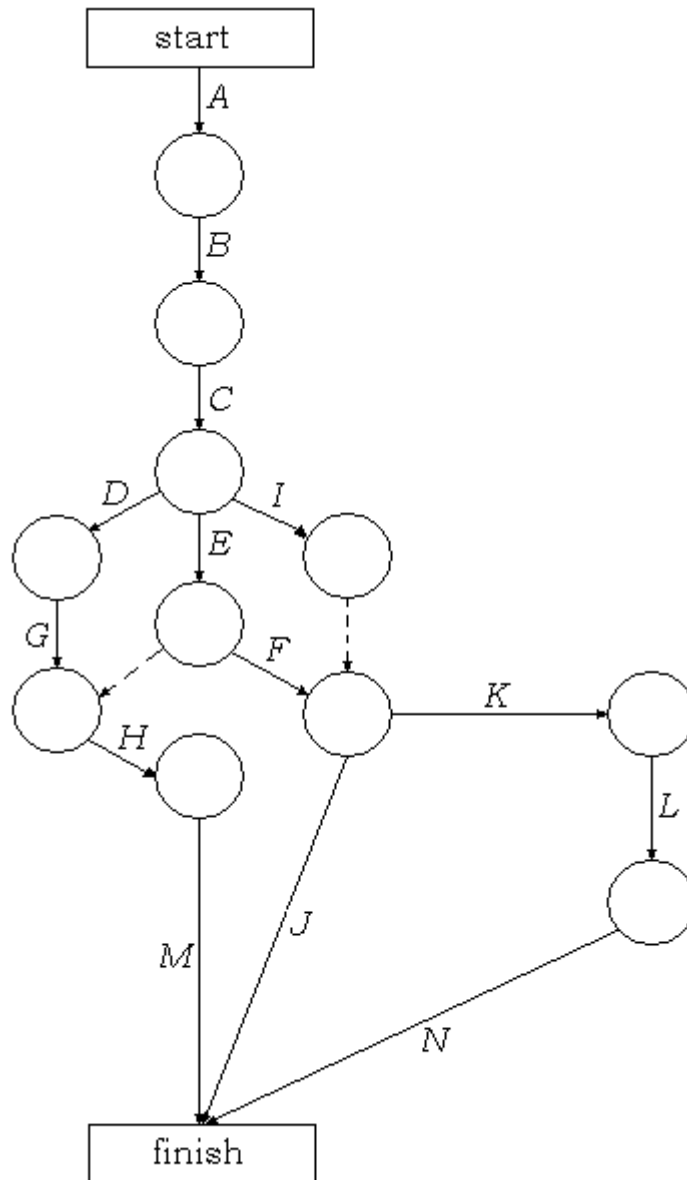


Figuur 3.3 Het AOA-netwerk bij het voorbeeld “bouwen van een huis”

De gestippelde, betekenisloze (**dummy**) takken in het netwerk zijn nodig omdat sommige activiteiten twee voorgaande activiteiten hebben. De tak staat in een dergelijk geval niet voor een activiteit (met een bepaalde duur) maar voor een afhankelijkheid (met tijdsduur 0).

Opdracht 3.7

Zet in de figuur hieronder bij iedere activiteit de geschatte tijdsduur en probeer met behulp van de figuur de kortst mogelijke projectduur te bepalen.



Figuur 3.4 Zoek de kortst mogelijke projectduur bij “het bouwen van een huis”.

Opdracht 3.8

Geef in de figuur hierboven het kritieke pad aan.

Opdracht 3.9

Probeer je werkwijze om aan het kritieke pad te komen te vertalen in een algoritme, waarin het kritieke pad op systematische wijze gevonden wordt.

3.4 De kritieke pad methode (CPM) van Dijkstra

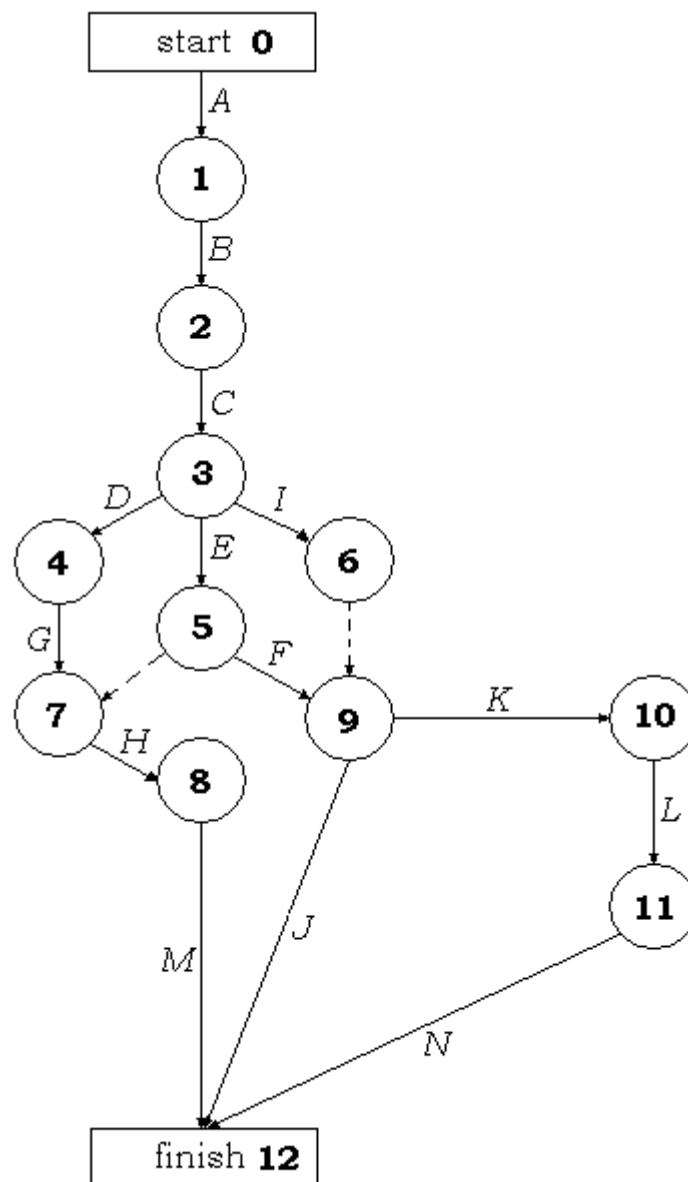
Een algoritme voor het vinden van het kritieke pad (kortste pad) is bedacht door de Rotterdamse wetenschapper Edsger Dijkstra (1930-2002). In zijn methode wordt vanuit een startpunt een AOA netwerkdiagram bepaald welke paden moeten worden toegevoegd. Bekijk het volgende filmpje voor de werking van Dijkstra's algoritme:

<http://www.youtube.com/watch?v=8Ls1RqHCOPw&feature=related>

en pas dit toe op het AOA netwerkdiagram van opdracht 6.10

Opdracht 3.10

Bepaal m.b.v. het algoritme van Dijkstra het kritieke pad in het onderstaande netwerkdiagram:



Figuur 3.5 Bepaal het kritieke pad met de Dijkstra's algoritme

3.5 Opdrachten

Opdracht 6.11

De computerfabrikant Apple wil een nieuwe computer gaan ontwerpen.
De activiteiten die daarbij worden voorzien zijn weergegeven in tabel 6.3.

activiteit	omschrijving	wordt voorafgegaan door	geschatte duur (in weken)
<i>A</i>	Ontwerp		21
<i>B</i>	bouw prototype	<i>A</i>	5
<i>C</i>	evaluatie onderdelen	<i>A</i>	7
<i>D</i>	test prototype	<i>B</i>	2
<i>E</i>	Schrijf technisch rapport	<i>C,D</i>	5
<i>F</i>	Schrijf functioneel rapport	<i>C,D</i>	8
<i>G</i>	Schrijf eindrapport	<i>E,F</i>	2

Tabel 3.3 Lijst van activiteiten bij het ontwerpen van een computer

- Maak een AON netwerkdigram bij dit project.
- Maak een AOA netwerkdigram bij dit project.
- Bepaal het kritieke pad bij dit project.

Opdracht 6.12

De fabrikant Nestlé wil een nieuwe lekkernij op de markt gaan brengen.
De activiteiten die daarbij worden voorzien zijn weergegeven in tabel 6.4.

activiteit	Omschrijving	wordt voorafgegaan door	geschatte duur (in weken)
<i>A</i>	ontwerp prototypen		6
<i>B</i>	marktonderzoek	<i>A</i>	3
<i>C</i>	keuze product	<i>B</i>	1
<i>D</i>	bestellen grondstoffen	<i>C</i>	2
<i>E</i>	advertentiecampagne	<i>C,D</i>	4
<i>F</i>	starten massaproductie	<i>D</i>	5
<i>G</i>	leveren aan winkels	<i>E,F</i>	2
<i>H</i>	geld terug actie	<i>E,F</i>	4

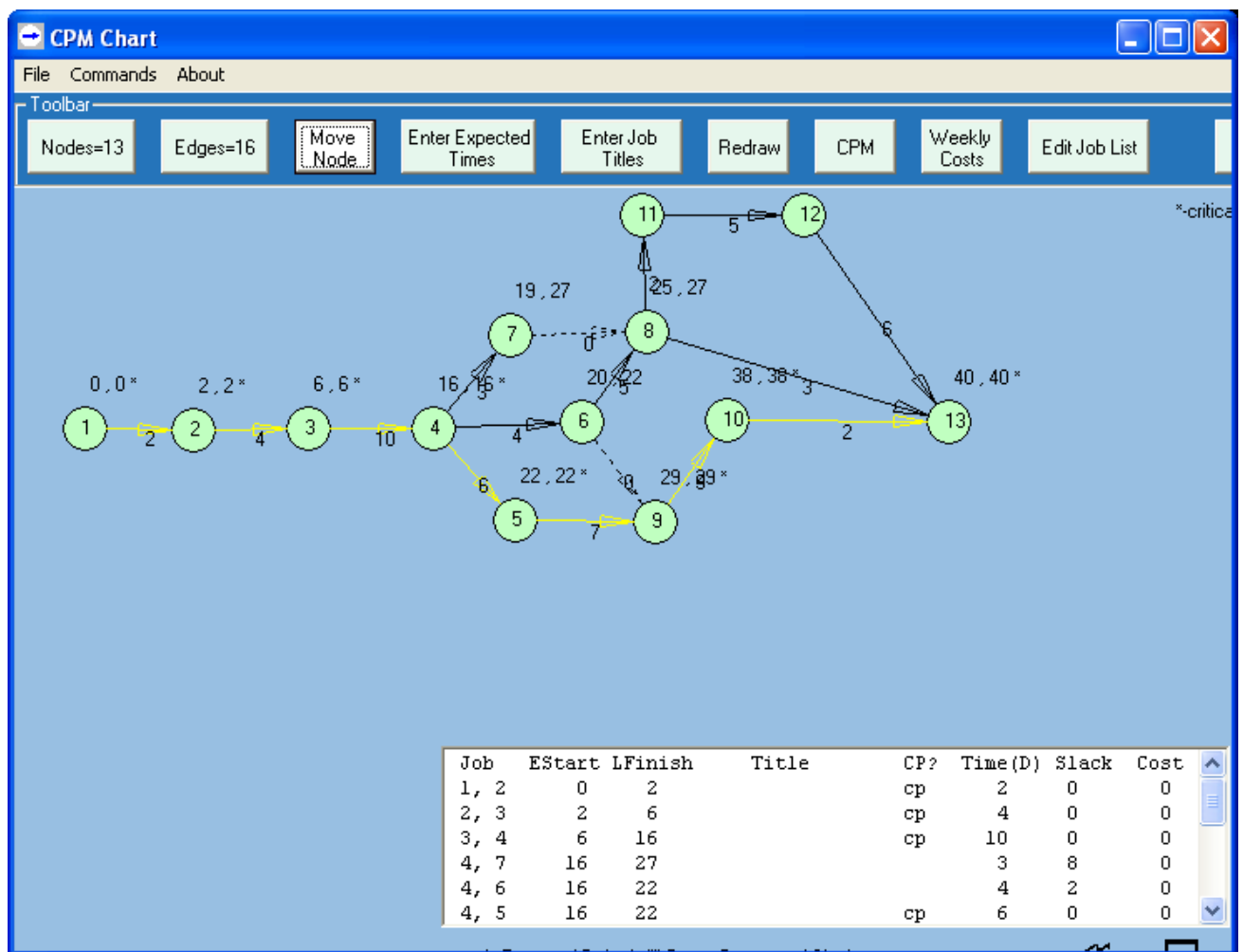
Tabel 3.4 Lijst van activiteiten bij het op de markt brengen van een nieuw product

- Maak een AON netwerkdigram bij dit project.
- Maak een AOA netwerkdigram bij dit project.
- Bepaal het kritieke pad bij dit project.

3.6 Computerprogramma's voor CPM

Is er eenmaal een algoritme bedacht voor een probleemsituatie, dan kan dit algoritme worden geprogrammeerd.

Er zijn veel computerprogramma's verkrijgbaar voor projectmanagement. Het programma "CPM Chart" is een programma met een wiskundige achtergrond. Met behulp van dit programma kan je op een eenvoudige manier een AOA netwerkdiagram opbouwen. Het programma heeft echter geen bijzondere opties voor projectmanagement.



Figuur 3.6 Netwerk Diagram bij "bouwen van een huis" in CPM Chart

Het programma werkt als volgt:

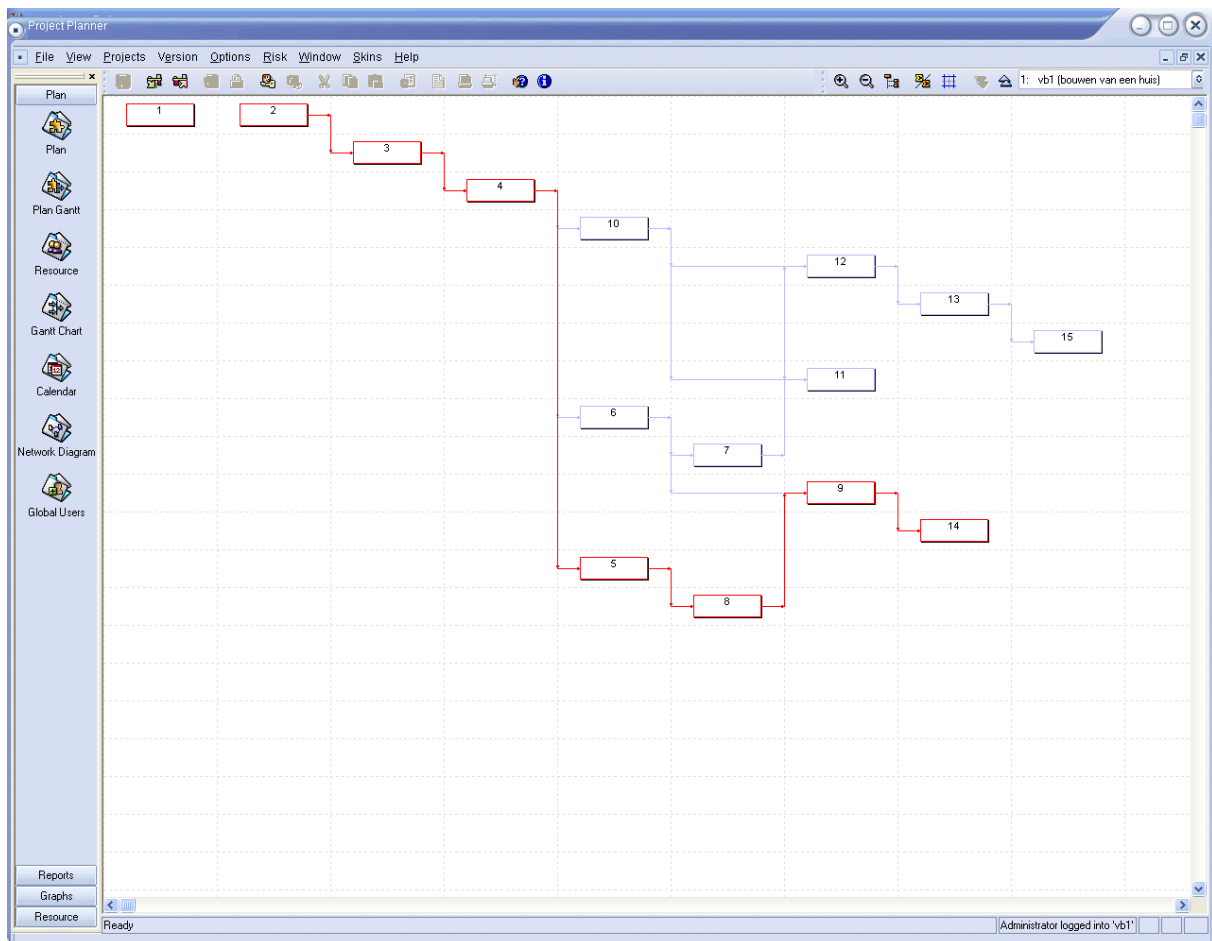
- Open het programma "CPM Chart".
- Klik op de knop "Nodes"
- Klik op het blauwe vlak om de knopen (nodes) te plaatsen
- Klik daarna op "Edges"
- Klik steeds van en naar welke knoop de takken moeten lopen
- Klik daarna op "Edit Job List"
- Voeg aan elke activiteit de duur van de activiteit toe.

en geeft de "earliest starting time" en "latest finish time" van ieder projectonderdeel weer.

Een ander voorbeeld van software voor projectmanagement is: GanttProject.
Deze gratis software heeft allerlei opties voor projectmanagement.
Downloaden kan vanaf de site:

<http://www.ganttproject.biz/>

Met deze software kan je zogenaamde Gantt-charts maken die een totaaloverzicht geven van een project, inclusief het kritieke pad. Hieronder een AON netwerkdiagram” toont de netwerkbeschrijving van het project met daarin het kritieke pad.



*Figuur 3.7 Netwerk Diagram / Gantt chart bij “bouwen van een huis”
gemaakt met het programma Project Planner*