



22]

Simulatiemodel stuwt automatisering en arbeidsefficiëntie

In een in 2015 afgerond promotieonderzoek is een model ontwikkeld voor simulatie van arbeidsprocessen in gewashandelingen in kassen. Dit model kreeg de naam GWorkS, een acroniem voor Greenhouse Work Simulation. Met het model willen Wageningen UR Glastuinbouw en de leerstoelgroep Agrarische bedrijfstechnologie van Wageningen Universiteit bijdragen aan een effectieve arbeidsorganisatie en introductie van automatisering in teelthandelingen in de kas.

Arbeid vertegenwoordigt in de Nederlandse glastuinbouw 25 tot meer dan 30 procent van de productiekosten en is daarmee een belangrijke kostenfactor. Om concurrerend te zijn en te blijven op de (inter)nationale markt, zal beheersing van arbeidskosten in de tuinbouw onverminderd belangrijk blijven. Verbetering van de arbeidsefficiëntie en innovatie van gewashandelingen is noodzakelijk om aantrekkelijke en betaalbare arbeid te bieden. Vooral in de groente- en

Tekst Bert van 't Ooster, Wageningen UR Glastuinbouw

snijbloementeel wordt veel werk in de kas nog door mensenhanden verricht. In producttransport en verwerking is wel veel geautomatiseerd. Ook voor complexere teelthandelingen in de kas staan we op de drempel van verdergaande automatisering en robotica, waardoor voor telers en industrie de besluitvorming ter verbetering van de arbeidsefficiëntie niet eenvoudiger wordt. Welke technologie is effectief? Is daarvoor wijziging van het teeltsysteem en de werkmethoden nodig? Hoe zullen in de toekomst medewerkers worden ingezet en wat kan gedaan worden door de techniek?

Telers eisen investeringszekerheid, lagere productiekosten en een gehandhaafde of verbeterde gewasopbrengst en productkwaliteit. Uitdagingen zijn de realisatie van lagere kosten voor gewashandelingen, een verbeterd arbeidsmanagement, een effectief en tijdig verloop van alle teelthandelingen, een hoge productkwaliteit en het voorkomen van onnodige verliezen. Het faalrisico van investeringen voor telers moet minimaal zijn. Dit risico kan worden verkleind door aanpassingen in de werkplanning en taakuitvoering bij verdere automatisering te onder-

werpen aan modelexperimenten en kwantitatieve evaluatie voorafgaand aan implementatie in de praktijk.

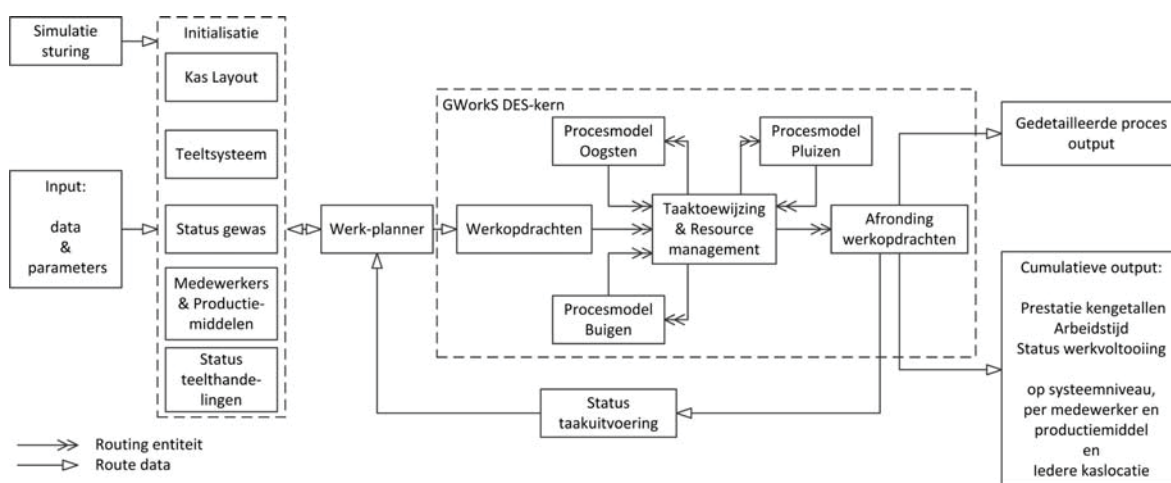
Slagingskans vergroot

Wageningen UR Glastuinbouw beschikt over modellen voor kasklimaat, gewasproductie en economie. Daaraan is nu een model voor simulatie van teelthandelingen in ontwikkeling, het GWorkS-model. Dit model is gebaseerd op de techniek van discrete-event-modellering waarmee gebeurtenissen als gevolg van (menselijk) handelen in de kas worden gesimuleerd. Evaluatie van arbeid in gewashandelingen op basis van simulatie is relatief nieuw in de glastuinbouw. De inzet van kwantitatieve modellen ondersteunt een effectieve analyse en inbedding van werkmethoden of nieuwe technologie in gewashandelingen. Middels samenwerking tussen techniekontwikkeling en modelsimulaties kan de slagingskans worden vergroot. Daarnaast is simulatie ook waardevol voor beslissingsondersteuning in arbeidsmanagement. Het GWorkS-model is nog in ontwikkeling en werd in eerste instantie afgebakend tot de teelt van grootbloemige snijrozen. Daarnaast zijn eerste simulaties gedaan voor paprika en tomaat en voor inzet van oogst-

robots in paprika. De opzet van het model is zo gekozen dat toepassing in andere teelten mogelijk is.

GWorkS modelbeschrijving

Het GWorkS-model verzorgt de korte termijn werkplanning, de toewijzing van taken en technische hulpmiddelen zoals oogstkarren aan individuele medewerkers en processimulatie van de gewashandelingen van een volledige kas of een deel daarvan. Voor snijroos zijn alleen de gewashandelingen oogsten, pluizen (verwijderen zij-scheuten van bloemdragende stelen) en buigen (van niet productieve stelen uit de groei ruimte van de bloemen) gemodelleerd omdat deze meer dan 90 procent arbeidstijd in de kas betreffen. Voor elke gewashandeling bestaat een deelmodel. Figuur 1 geeft de hoofdstructuur van het GWorkS-model weer voor roos met daarin de positie van de deelmodellen. Ieder deelmodel is getoetst aan de hand van data uit de beroepspraktijk. De data is afkomstig van zowel arbeidsregistratie als analyse van beeldmateriaal van het arbeidsproces. Figuur 2 geeft voor twee perioden van 9 weken, een winter- en een zomerperiode, aan hoe het model presteert voor simulatie van de teelthandeling pluizen ten opzichte



Figuur 1. Hoofdstructuur van het GWorkS-model met daarin de positie van de deelmodellen voor oogsten, pluizen en buigen binnen de discrete-event simulatiekern van het model (GWorkS DES-kern). Procesmodellen zijn substitueerbaar.

van de meting in de praktijk door de arbeidstijd per week te vergelijken voor een kas van 3,6 hectare. Voor oogsten en buigen zijn soortgelijke resultaten behaald. Het model laat simulatie van verschillende combinaties van werkmethoden, technische uitrusting en vaardigheid en beschikbaarheid van medewerkers toe. In simulatie is sprake van simultane taakuitvoering door alle beschikbare dan wel toegewezen werknemers en apparatuur. Figuur 3 geeft een voorbeeld van een werkdag in de kas.

Het aantal medewerkers dat actief is in een van de teelthandelingen is weergegeven als functie van tijd. Daarin is duidelijk de prioriteitsvolgorde, oogsten, pluizen en buigen zichtbaar. Uiteraard kan de prioriteitsvolgorde van taken in het model worden aangepast. Rond de arbeidsorganisatie kan de beschikbaarheid van mensen en middelen worden beperkt of vrijgelaten en kunnen een aantal werkmethoden worden vergeleken. Medewerkers hebben een individuele vaardigheid of krijgen een gelijke vaardigheid, zoals bij machines in het algemeen het geval is. De parameters zijn zo gekozen dat ook een robot als actuator gedefinieerd kan worden. Voor de taakuitvoering kunnen verschillende scenario's worden voorbereid. Het model selecteert het beste scenario uit een reeks van bestaande en/of conceptuele scenario's. Welk scenario als best wordt aangegeven kan bepaald worden op economische gronden

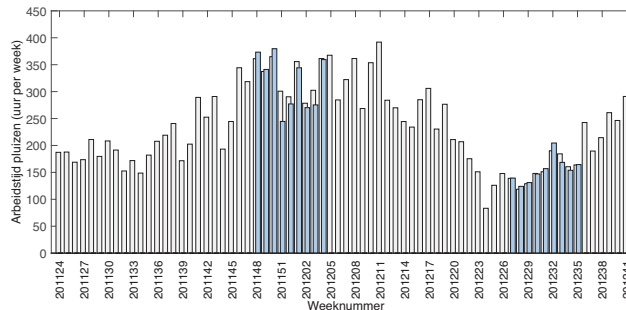
of op basis van een samengesteld criterium waarin elementen als arbeidstijd, arbeidskosten, utilisatie, succes-

Voorbeelden van modelgebruik In het eerste voorbeeld zijn acht arbeidsmanagementscenario's

gesimuleerd met vaardigheid van werknemers als centraal thema. Een van de scenario's was een nabootsing van de arbeidspraktijk bij een Nederlandse rozenkweker. Daarnaast is gesimuleerd voor werken 1) met personeel met weinig ervaring, 2) met vaste generalisten die vaardig zijn voor alle teelthandeling gerelateerde taken, 3) met specialisten die slechts één taak uitvoeren en daarin zeer

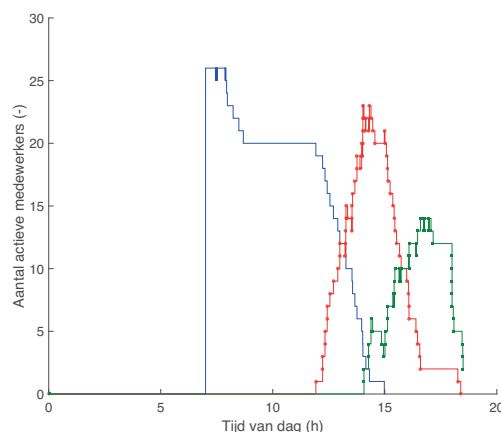
vaardig zijn. In simulaties voor scenario's 1) t/m 3) geldt een voorkeursselectie voor de medewerker die het meest vaardig is voor betreffende taak en die beschikbaar is. Scenario 4) betrof generalisten zonder voorkeurselectie op individuele vaardigheidskenmerken, 5) het uitvoeren van niet meer dan twee teelthandelingen per werkdag, 6) geen prioriteitsvolgorde voor teelthandelingen, en 7) een onbeperkt aantal medewerkers met gelijke eigenschappen. De geïntegreerde scenariostudie van oogsten, pluizen en

buigen toonde, tussen de scenario's, verschillen in gesimuleerde arbeidstijd voor alle bewerkingen tezamen van maximaal 5 seconden per gesneden roos en verschillen in arbeidskosten tot 7,1 € m² per jaar. De gesimuleerde praktijk van de teler en het gesimuleerde scenario met minimale kosten wijzen op een mogelijke arbeidsbesparing voor de teler van € 4 m² per jaar. Dat is 15 procent van de totale arbeidskosten voor de oogst, pluizen



Figuur 2. Simulatie resultaat voor twee perioden van 9 weken geprojecteerd in de gemeten arbeidstijd per week voor pluizen (uren per week) in een kas van 3,6 hectare met snijrozen. De figuur laat zien dat het model in staat is het arbeidsverloop na te bootsen.

percentage, e.d. kunnen worden meegenomen. Dit criterium kan overigens naar voorkeur worden gewijzigd. Ter illustratie is gekozen voor arbeidsmanagementscenario's om effecten van vaardigheid van medewerkers op arbeidstijd en kosten vast te stellen. De opzet van het model is generiek, waardoor toepassing in andere teelten mogelijk is. Een tweede voorbeeld behandelt oogst van paprika's door mensen en (fictieve) robots om dit te illustreren.



Figuur 3. Aantal medewerkers actief in de teelthandelingen oogsten (blauw), pluizen (rood) en buigen (groen) als functie van tijd.

en buigen en dicht bij 150 k€ per jaar voor de onderzochte kas. Het werken met alleen weinig ervaren, laagbetaalde werknemers is volgens de scenario studie niet effectief. Gespecialiseerde arbeiders waren het meest tijdeffectief ten opzichte van de referentie, met 17,5 procent minder arbeidstijd. Echter waren relatief veel werknemers nodig met een relatief lage bezettingsgraad per persoon. Als gevolg daarvan werd in een multifactoriële

evaluatie een vast team van ervaren generalisten als beste gerangschikt. Een vermindering van het aantal gewashandelingen per dag van 3 naar 2 verbeterde de tijdigheid van taakuitvoering, maar vertoonde geen duidelijke rangordeverbetering ten opzichte van de referentie. De nabootsing van de praktijk-situatie, de referentie, werd verbeterd door 5 scenario's. Middels het GWorkS-model werden duidelijke antwoorden gevonden op vragen met betrekking tot operationsmanagement en arbeidsorganisatie, op basis van integrale simulatie van gewashandelingen en een samengesteld criterium. Modelgebaseerde verbetering van de uitvoering van gewashandelingen lijkt hiermee een reële optie in de voorbereiding van nieuwe arbeidsmanagementstrategieën.

In een ander voorbeeld is onderzocht hoe menselijke oogsters en robot oogsters kunnen samenwerken in de oogst van paprika. De robots hebben eigen bewegings- en actieparameters meegekregen die zo goed mogelijk aansluiten bij de huidige inzichten, maar nog niet persé realistisch zijn. Praktijk-

voorbeelden ontbreken immers nog. Een pad wordt toegewezen aan een medewerker of een robot. De robot kan rijpe vruchten missen en nogmaals door een pad gestuurd of het pad wordt door een medewerker voltooid, indien beschikbaar. De slagingskans van een oogstactie voor een enkele paprika is ingesteld op 70 procent. De pure actie-tijd voor het snijden van een paprika is met 1 seconde gunstig gekozen.

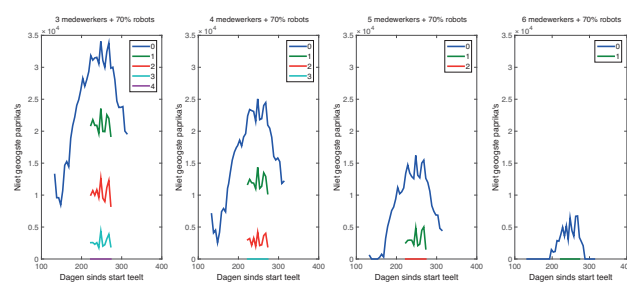
gewerkt worden met verschillende combinaties van mensen en robots om het aantal gemiste paprika's op nul te houden. Steeds is de som van het aantal medewerkers (3 tot 6) en robots (4 tot 1) zeven.

Keten van gebeurtenissen

Concluderend kan gesteld worden dat gewashandelingen gekarakteriseerd kunnen worden als een discrete event

systeem waarin acties van de operator kunnen worden beschouwd als een keten van gebeurtenissen. Discrete event simulatie, zoals geïmplementeerd in het GWorkS-model, beschrijft gewashandelingen in kassen op mechanistisch correcte wijze en voorspelt de benutting van arbeid nauwkeurig. GWorkS is het eerste model dat in staat is in één model-run alle gedefinieerde gewashandelingen te simuleren, rekening houdende met beschikbaar personeel en personele vaardigheden als ook beschikbare productiemiddelen. Het model kan simuleren met een mix van samenwerkende actuatoren, bijvoorbeeld mens en robots. Het model kan

daarmee telers en ontwerpers ondersteunen in de analyse en evaluatie van concepten voor systeeminnovatie. ●



Aantal niet geoogste paprika's in een 4,3 hectare kas als functie van het aantal dagen na het opzetten van het paprikagewas, het aantal oogsters en het aantal oogstrobots in de periode met piekopbrengst (223-273 dagen na start teelt). De slagingskans voor oogst van een paprika is in dat geval gesteld op 70%.



Middels simulatie is voor een gemeten verloop van gewasopbrengst in de tijd en een gegeven aantal medewerkers bepaald hoeveel oogstrobots nodig zijn om de in de piekperiode de oogsttijd volledig uit te voeren. Figuur 4 geeft het aantal gemiste paprika's als functie van het aantal dagen na de start van de teelt. Er kan volgens de simulatie