



Produktionsprozesse in Echtzeit mit selbstlernender Software verbinden

KI-basiertes Scheduling und Sequencing mit Qualicision

Deep Qualicision verbindet die Optimierungsmaschine Qualicision mit zielkonfliktbasiertem, maschinellem Lernen und weiteren KI-Methoden. Die Software lernt effizient Parameter so einzustellen, dass sie vorausschauend optimieren kann und Key-Performance-Indikatoren (KPIs) bestmöglich erreicht. Es werden Analysefunktionalitäten bereitgestellt, die manuelles und KI-basiertes Optimieren verbinden. Advanced Scheduling and Monitoring als Softwareumgebung und das Qualicision-KI-Framework bilden dazu das technologische Fundament.

Qualicision-KI-basierte Scheduling- und Sequenzierungsalgorithmen lassen sich einsetzen, um aus Einzelentscheidungen effiziente multikriterielle KPI-Entscheidungen zu erhalten. Dies erfolgt mittels datenbasierter KPI-Bewertung aus automatisch errechneten Zielkonflikten in den zu optimieren-

den Produktionsprozessen. Zusätzlich lassen sich Prioritäten der KPI-basierten Kriterien maschinell so lernen, dass konsistente Prioritäteneinstellungen der Kriterien automatisch empfohlen werden (siehe Abbildung 1). Damit lässt sich mit Deep Qualicision KI der tiefere Zusammenhang zwischen Einzelentscheidungen und

Zielkriterien errechnen sowie datenbasiert lernen. Bei der Anwendung dieses KI-Prinzips auf das Scheduling oder das Sequenzieren von Produktionsaufträgen und Arbeitsgängen kann der Produktionsprozess wahlweise in Echtzeit oder im Sinne planender oder simulierender Szenarien optimiert werden.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen typische Qualicision-Scheduling- sowie -Sequencing-Oberflächen, wie sie als Softwareprodukte verfügbar sind. Die aus den Tools abgeleiteten Daten können dann unmittelbar in die Deep Qualicision KI-Software eingehen und werden dort maschinell gelernt (Abbildung 4).



Abb. 1: QFDD (Qualicision Functional Decision Design) Web-Oberfläche.



Abb. 2: PSIasm/Qualicision Gantt-Chart.



Abb. 3: PSIasm/Qualicision Strichgraph.



Abb. 4: Deep Qualicision KI-Framework.

Ungleichheiten Qualicision-basiert ausbalancieren

Ein in der Praxis sehr häufig vorkommendes Szenario zeigt, dass zwischen den im Prozess vorliegenden Annahmen über die Leistungsparameter der Produktionsressourcen und der Realität im Prozessalltag mitunter bedeutende Abweichungen bestehen.

Zahlreiche industrielle Anwendungen bestätigen, dass sowohl die Qualicision-basierte Planung als auch die Realzeitoptimierung diese Abweichungen erfolgreich ausbalancieren können. Mit der Lernsoftware lassen sich zusätzliche Abweichungen zwischen Plan- und Ist-Reihenfolgen systematisch erkennen und ohne Kosten präventiv behandeln.

Untersuchungen zeigen, dass derartige Abweichungen zum einen aus einem Mix an spontan auftretenden Anomalien des Prozesses bestehen. Diese entstehen mit nicht planbaren Ausfällen von Ressourcen, qualitätsbedingten Sperrungen oder mit Zulieferausfällen sowie durchaus auch mit dem sich spontan verändernden Auftragsmix.

Aus Vergangenheitsdaten lernen

Zudem zeigt sich, dass neben den spontanen Anomalien auch strukturell bedingte Abweichungen zwischen dem Plan- und dem Ist-Prozess

auftreten können. Diese fallen in den Prozessen regelmäßig erst im Nachhinein auf und führen zu vermeidbaren Kosteneffekten wie etwa Maschinenausfall oder Förderbandstopp. Deshalb ist es besser, die strukturellen Anomalien vorab aus Vergangenheitsdaten automatisch zu erlernen. Mit Hilfe der Deep Qualicision KI lassen sich solche Szenarien umsetzen und optimieren.

Bei einer vorausschauend agierenden Optimierung werden Produktionspläne der Vergangenheit mit den Ist-Abläufen verglichen und die Unterschiede so ausgewertet, dass anschließend die festgelegten KPI-Ziele vorausschauend gewichtet und dadurch besser befolgt werden. Hierbei arbeiten die Zielkonfliktanalyse und die automatische Anomalie-Erkennung Hand in Hand. Diese Erkennung wird mittels maschinellen Lernens (ML) umgesetzt und stützt sich neben den klassisch bekannten ML-Verfahren auf das Qualicision-basierte Qualitative Labeln von Prozessdaten. Dabei werden Eigenschaftsklassen von Aufträgen, Arbeitsgängen und Ressourcen aus vergangenen Produktionssequenzen systematisch in ihren Mustern erkannt, die mit strukturellen Anomalien verbunden sind. Daraus können die Anomalien in Optimierungsziele für die Optimie-

rungsalgorithmen übersetzt werden, wobei die Optimierung die systematischen Anomalien mit ausbalanciert. Mit Hilfe der gelernten Zusammenhänge im Rahmen der verfügbaren Ressourcen und der tatsächlich vorhandenen Spielräume werden diese entfernt.

In Abbildung 5 ist die Anwendung der gelernten Anomalie-Klassenbildung auf ein Demonstrationsbeispiel aus der Optimierung von Fahrzeugsequenzen für das Ranking im



Abb. 5: Cluster-Oberfläche mit den positiven und negativen Deep Qualicision-Clustern.

Rahmen von Sequenzierungsprozessen dargestellt. Anhand eines Satzes von bereits geplanten und dann produzierten Sequenzen wird erkannt, dass Aufträge, die z.B. eine Kombination aus einer bestimmten Antriebsvariante und den Eigenschaften „Rechtslenker“, „Rückfahrkamera“

und „Panorama-Dach“ beinhalten, systematisch eine bestimmte Verzögerung zwischen den geplanten und den tatsächlichen Positionen in den jeweiligen Sequenzen erfassen.

Ist eine solche Kombination durch Deep Qualicision KI gelernt, so kann eine aus dieser Kombination abzuleitende Vorgabe für den Optimierungsalgorithmus automatisch erzeugt werden, so dass in den künftigen Sequenzen zusätzlich gegen die gelernte Anomalie optimiert werden kann.

KPI-orientiertes, manuelles Bewerten und Auswählen von voroptimierten Produktionsplänen

Neben der Option, die Anomalie-Analyse KI-basiert durchzuführen, ist die Software auch mit einer manuell steuerbaren Vorstufe der Lernlogik ausgestattet. Dazu lassen sich die für die Bewertung der Abweichungen zugrunde zu legenden KPIs manuell definieren und mittels Qualicision-Labeling-Funktionen bewerten (siehe Abbildung 2). Anschließend erfolgt ein Ranking der optimierten Produktionspläne (Sequenzen oder Schedules). Damit kann eine weitere Analyse auch manuell erfolgen. Das Justieren der KPI-Prioritäten (Abbildung 2) und Bewertung der Zielerreichungsgrade der KPIs kann ebenfalls im Zuge dieser manuellen Analyse durchgeführt werden und zusätzlich mit maschinell erzielten Ergebnissen abgeglichen werden. Dadurch kann zudem ein Hand-in-Hand-Arbeiten zwischen der manuellen Prozessanalyse und einer Qualicision-KI-gestützten maschinellen Analyse erfolgen. Die so erzielten Ergebnisse können dann wiederum auf die gleiche Art und Weise in die maschinelle Lernlogik oder in den manuellen Lernpro-

zess einfließen. Im Ergebnis entsteht eine interaktive und verständliche KI-Anwendung.

Auf Basis der PSI-Plattform mit einer Reihe von Vorteilen

Alle bisher beschriebenen Tools bauen auf der PSI-Plattform auf, wobei die direkten Scheduling- und Sequencing-Softwarepakete zusätzlich die Komponente ASMQ nutzen. Die Produkte befinden sich unter einem technologischen Dach und sind hinsichtlich ihrer PSI-App-Store- als auch Web-Fähigkeit als Basisplattformkomponenten anzusehen.

Dies bietet eine Reihe von Vorteilen: Zum einen ist die Verknüpfung mit allen PSI-Softwareprodukten direkt möglich und integrierbar. Zum anderen sind damit die Qualicision- und die Deep Qualicision KI-Funktionalitäten sowohl hinsichtlich der intelligenten Optimierung als auch des KI-Funktionsumfangs in diesen Tools verfügbar und als Türöffner zur KI nutzbar. Auf diese Weise lassen sich gerade über das KI-Framework offene und intelligente Systeme durch die Verknüpfung originärer Funktionalitäten mit KI-Technologie einfach, effizient und in einer sehr kurzen Time-to-Market realisieren.


Dabei können die Anwendungen über die vorgesehenen Programmierschnittstellen sowohl durch die Partner als auch die Kunden der PSI weiterentwickelt werden. Im Falle von Deep Qualicision KI gelingt dies über eine Python-KI-Schnittstelle (Abbildung 6). Bei den Scheduling- und Sequencing-Tools ist es über eine Python-Schnittstelle und bei den interaktiven Qualicision-Entscheidungsanalysen über die Oberfläche (GUI) der Qualicision-Komponente QFDD (Qualicision Functional

Decision Design Engine) direkt selbst möglich. Letztere kann auch von Nichtprogrammierern bedient werden. Somit ist nicht nur die Funktionalität verfügbar, sondern auch die vorhandene Partnerfähigkeit weiterhin gesichert.



Abb. 6: Deep Qualicision KI mit dem Python-Jupyter-Notebook-Frame.

Zahlreiche Anbindungen an PSI-Softwareprodukte

Das Integrationskonzept wurde bereits in einer Reihe von PSI-Softwareprodukten realisiert. Die Anwendungsbeispiele reichen von der Infrastrukturoptimierung und Mobilität über den Energiebereich, Monitoring und Optimierung von Wartungsprozessen und Prozessen des Asset-Managements, Produktionsplanung und -steuerung in der Metallindustrie, Automotive OEM bis hin zu diskret fertiger Industrie. Weitere wie etwa die Rohstoffförderung und BPM (Business Process Modelling) mit Qualicision-Entscheidungsunterstützung sind in Vorbereitung. 

PSI FLS

Fuzzy Logik & Neuro Systeme GmbH
Dr. Rudolf Felix
Geschäftsführer
rfelix@psi.de
www.deepqualicision.ai