Kurzfassung

Das Paradigma der Antwortmengenprogrammierung (ASP) erfreut sich derzeit großer Beliebtheit, welche sich allerdings auf einen Nutzerkreis innerhalb der KI-Domäne beschränkt. Die Nutzung der offenkundigen Vorzüge von ASP in der Industrie erfordert die Schaffung belastbarer Aussagen über dessen Potenziale für definierte Anwendungsfelder anhand von praxisorientierten, erfolgreichen Applikationen. Die Entwicklung solcher Applikationen ist die vordergründige Zielstellung dieser Arbeit. Die Arbeit stellt ein Pionierbeispiel für Entwicklungen in der Intralogistik durch die Adaptation eines innovativen Paradigmas dar, wodurch zugleich die Verbreitung der Nutzung des Paradigmas erreicht werden soll.

Als erste Applikation wird ein Softwaretool entwickelt, welches die Stärken von ASP nutzt, um intralogistische Planung zu unterstützen. Die Planung von Intralogistiksystemen ist strategischer Natur, durch einen hohen Stellenwert von Expertenwissen gekennzeichnet und erfährt bis dato keine ausreichende EDV-technische Unterstützung. Das Tool unterstützt insbesondere die Prozessplanung, die Dimensionierung und Auswahl technischer Alternativen, die Layoutgenerierung sowie abschließende Alternativenauswahl. Das Tool ist dazu in der Lage, Nutzervorgaben und -wünsche problemlos zu berücksichtigen. Insbesondere die große Menge von formalisiertem Expertenwissen erlaubt auch unerfahrenen Planern, eine Anzahl von hochwertigen Planungsalternativen zu generieren. Genutzte Kernkonzepte sind die horizontale Untergliederung des Planungsprozesses, die Nutzung ontologischer Wissensstrukturen und die Einbringung imperativer Funktionen im ASP-Encoding.

Als zweites Applikationsbeispiel dient die Entwicklung eines Planungsagenten in einem System autonomer Fahrzeuge zur Ware-zur-Person-Kommissionierung. Der Planungsagent übernimmt die verknüpfte Entscheidung über die Auftragsdisposition und Kommissionierauftragszuweisung zu Kommissionierstationen mit operativem Zeithorizont. Auf dieser Grundlage wird ein Basiskonzept mit einem „rollierenden Horizont“ von Aufträgen eingeführt, das die Nutzung von ASP potenziell gewinnbringend ermöglicht. Das Basiskonzept wird in vier verschiedenen Ansätzen (bzw. Systemarchitekturen) umgesetzt und evaluiert.

Als Ergebnisse der Einzelevaluierungen ergeben sich eine hohes Nutzenpotenzial von ASP für strategische, wissensintensive Anwendungen wie diejenige der intralogistischen Planung. Insbesondere stellt sich die hohe Robustheit bei gleichzeitiger Flexibilität von ASP als vorteilhaft heraus. Bei der Planung innerhalb des Systems autonomer Fahrzeuge rückt die Qualität und Geschwindigkeit der Lösungsgenerierung in den Vordergrund. Im Vergleich zu imperativen Ansätzen erzielen die ASP-Ansätze eine um wenige Prozentpunkte höhere Leistung und benötigen hierfür meist längere Rechenzeiten. Jedoch ist zu bemerken, dass insbesondere die Einfachheit und Kürze der ASP-Encodings zu verringerten Zeiten für Anpassung und Wartung führen. Es wird konkludiert, dass ASP sich in hohem Maß für die Nutzung bei Planungsproblemen mit strategischem, wissensintensivem Charakter und in reduziertem Maß für operative Planungsprobleme in volatilen Umgebungen eignet.

Abstract

The paradigm of Answer Set Programming (ASP) has received much attention in the recent years. Notably, this attention is rather directed from the domain of artificial intelligence than the more applied sciences like engineering. The usage of the evident benefits of ASP in the industry requires reliable evidence of its potential for defined application fields based on practically-oriented and successful applications. The development of such applications is the primary objective of this thesis. Consequently, this thesis serves as an example for innovations in intra-logistics through the adoption of a new paradigm which at the same time aims at broadening the usage of the paradigm in the industry.

As the first application a software tool is developed which makes use of the strengths of ASP to facilitate warehouse planning. The planning of warehousing systems is a strategical task which requires an immense amount of expert knowledge and is not IT-supported sufficiently yet. The tool particularly supports the stages of process planning, technology dimensioning and selection, layout generation and the final alternative assessment. Due to the framework of ASP the tool is capable of regarding the users' wishes and definitive requests in a very intuitive manner. Even inexperienced planners are capable of creating a high number of feasible and valuable planning alternatives as a result of the inclusion of expert knowledge. Main applied concepts are the horizontal separation of the planning process, the use of ontological knowledge structures and the inclusion of imperative functions within the ASP encodings.

The second application example is the development of ASP planning agents in a system of autonomous vehicles for goods-to-person picking. The planning agent performs the selection of driving jobs from a horizon combined with the assignment of customer orders to picking stations. This task has an operative (short-term) planning horizon. Based on this, the concept of a "rolling horizon" is introduced from which the driving jobs are selected and which potentially enables the beneficial use of ASP. This concept is adapted, implemented and evaluated with four alternative approaches (aka system architectures).

The result of the evaluation of the applications is a high potential of the utilization of ASP for strategical, knowledge-intense applications comparable to warehouse planning. In particular, the high robustness and flexibility of ASP prove to be beneficial. For the planning agents in the system of autonomous vehicles the solution quality and solving times are primary objectives. Compared to imperative counterparts the ASP approaches obtain slightly better solutions but require longer solution times in most cases. It must be noted that the simplicity and shortness of the ASP encodings most likely leads to reduced times for adjustment and maintenance of such systems. It is concluded that ASP is highly suited for the application in planning tasks which have a strategical, knowledge-intense character. This statement holds in a reduced manner for operative (short-term) planning tasks in volatile environments.