

YOUR: Robot programming tools for architectural education

Doctoral Thesis

Author(s):

Lim, Jason

Publication date:

2016

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010748012>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH NO. 23626

***YOUR*: Robot programming tools for architectural education**

A thesis submitted to attain the degree

DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH

(Dr. sc. ETH Zurich)

Presented by

JASON LIM

M.Eng. Stevens Institute of Technology

B.Arch. Cornell University

Born on 24.02.1980

Citizen of Singapore

Accepted on the recommendation of

Professor Matthias Kohler

Professor Fabio Gramazio

Dr. Robert Aish

2016

Abstract

The introduction of industrial robots to the architectural domain has catalysed the development of novel approaches to design and production. However, these machines are difficult to control, especially if they are to be applied for non-standard fabrication. Users need to have robotics domain specific knowledge and be conversant in a formal language to program instructions for the robot. Yet the vast majority of architects do not have this technical background. Unless robot programming can be made more accessible to them, the use of such machines will be restricted to an expert minority. Hence, this research addresses the question: how should a novice robot programming system be developed for use in the architecture domain? Considering that the act of robot programming is currently not well understood, it is unclear what the requirements of such a system are beyond accessibility.

This research is conducted from an architectural perspective and embedded within a pedagogic setting. It adopts an empirical, case-study based methodology. A custom robot programming solution named *YOUR* was developed by the author for this research. It is designed to support a hybrid visual-textual approach to robot programming and to be easily extensible by end-users. Two cases—a Design Research Studio (DRS) and a workshop—were set up to study how architecture students carried out fabrication-based robot programming tasks using *YOUR*. Data was collected from several sources—interviews, observation and students' computer programs. It provided the basis for evaluating *YOUR*'s design and informed its further development. This research contributes, first of all, a robot programming solution (*YOUR*) that can be readily deployed in architectural education. It also fills a current research gap by providing detailed empirical studies of the robot programming process. Finally, it discusses pedagogic issues involved in teaching robot programming to architectural students, and identifies novel approaches to design and production for future study.

Die Einführung von Robotern in die Architektur eröffnet vollkommen neue Entwurfs- und Produktionsmöglichkeiten für das Bauen. Allerdings ist die Programmierung von Robotern, besonders im Hinblick auf nicht-standardisierte Fertigungsverfahren und Bewegungsabläufe für unerfahrene Programmierer nur schwer zu erlernen. Der Benutzer braucht fachspezifische Kenntnisse aus der Robotik und muss mit dem Programmieren grundsätzlich vertraut sein. Die meisten Architektinnen und Architekten sowie die Studierenden haben dieses Wissen allerdings nicht. Umgekehrt heisst das: Nur wenn die Programmierung von Robotern einfacher und intuitiver werden kann, kann diese Technologie einer grösseren Anwendergruppe zugänglich gemacht werden. Damit wirft die vorliegende Arbeit die Fragestellung auf, wie sich für Architekturstudentinnen und -studenten ein leicht zugängliches Programmierumfeld für die Steuerung von Industrierobotern entwickeln lässt und was demgegenüber grundlegende Anforderungen für ein solches System sind.

Damit bezieht sich die Arbeit im wesentlichen auf pädagogische Aspekte der Architekturausbildung und fokussiert auf mehrere empirische Fallstudien. Hierzu wurde die Programmierumgebung namens *YOUR* entwickelt, die speziell auf die Anwendung durch Architekturstudentinnen und -studenten abzielt. *YOUR* basiert auf der Kombination von sowohl textlichen als auch visuellen Programmierkomponenten und kann durch den Benutzer auf unterschiedliche Art und Weise erweitert und modifiziert werden. Konkret wurde die Anwendung der Programmierumgebung *YOUR* – und deren Komponenten – in zwei Entwurfsstudios und einem Seminar getestet. Die Daten zur Evaluation von *YOUR* stammen aus vergleichenden Interviews und Befragungen, aus der Beobachtung der Studierenden und deren Fortschritte im Umgang mit *YOUR* und schlussendlich aus der Analyse der von den Studierenden vorgenommenen Modifikationen und Erweiterungen der Programmierumgebung. Die Erkenntnisse aus diesen Fallstudien dienen darüber hinaus der gezielten Weiterentwicklung der *YOUR* Komponenten. Über die Entwicklung einer spezifischen Programmierumgebung zur Steuerung von Industrierobotern hinaus, bietet die Arbeit zugleich einen detaillierten Einblick in die Wechselseitigkeit zwischen architektonischen Entwurfsansätzen und Programmiervorgängen. Schlussendlich werden zentrale pädagogische Fragen bezüglich zur Roboterprogrammierung diskutiert und neue Ansätze für digitale Entwurfs- und Fabrikationsmethoden identifiziert.