Probabilistische online Wissensgraphkonstruktion aus natürlicher Sprache

---

Clemens Damke

29. August 2017

Version: Entwurf 1

PADERBORN UNIVERSITY
The University for the Information Society
Department of Electrical Engineering,
Computer Science and Mathematics
Warburger Straße 100
33098 Paderborn

INTELLIGENT SYSTEMS
Intelligent Systems Group (ISG)

Bachelorarbeit

Probabilistische online Wissensgraphkonstruktion aus natürlicher Sprache

Clemens Damke

1. Korrektor Prof. Dr. Eyke Hüllermeier
Institut für Informatik
Universität Paderborn

2. Korrektor Prof. Dr. Axel-Cyrille Ngonga Ngomo
Institut für Informatik
Universität Paderborn

Betreuer Dr. Theodor Lettmann und Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

29. August 2017

Clemens Damke
Probabilistische online Wissensgraphkonstruktion aus natürlicher Sprache
Bachelorarbeit, 29. August 2017
Korrektoren: Prof. Dr. Eyke Hüllermeier und Prof. Dr. Axel-Cyrille Ngonga Ngomo
Betreuer: Dr. Theodor Lettmann und Prof. Dr. Eyke Hüllermeier

Universität Paderborn
Intelligente Systeme
Institut für Informatik

Pohlweg 51
33098 Paderborn

Abstract

Hallo Welt. Test5.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

> *The actual world cannot be distinguished from a world of imagination by any description. Hence the need of pronoun and indices, and the more complicated the subject the greater the need of them.*
>
> — **Charles Sanders Peirce**
> Mathematiker und Philosoph

1.1 Motivation

In den letzten Jahren hat die Repräsentation von Wissensbasen durch Graphen, sog. Wissensgraphen, immer mehr an Bedeutung gewonnen. Google, Bing und IBM Watson benutzen solche Wissensgraphen z. B. zum Beantworten von komplexen Suchanfragen.

Die Grundidee dabei ist es, Entitäten durch Knoten und Relationen durch Kanten abzubilden. Entitäten können konkrete Dinge, wie z. B. Personen, aber auch abstrakte Konzepte, wie z. B. historische Epochen, sein. Relationen beschreiben beliebige Beziehungen zwischen den Entitäten, z. B. $person(\text{Da Vinci}) \xrightarrow{\text{lived in}} epoch(\text{Renaissance})$. Die Entität, von der eine solche Relation ausgeht, wird als Subjekt und die Zielentität als Objekt der Relation bezeichnet.

Die Typen von Entitäten bzw. Relationen (z. B. $person$ bzw. $lived\ in$) und deren Bedeutung sind dabei i. d. R. formal in einer sog. Ontologie spezifiziert. Die Ontologie beschränkt also die Menge gültiger Wissensgraphen, was eine effiziente maschinelle Verarbeitung der im Graph enthaltenen Informationen ermöglicht.

Da Wissensgraphen in zahlreichen Domänen einsetzbar sind, wird deren automatisierte Konstruktion bereits seit Jahren erforscht. Manuelles Konstruieren und vor allem anschließendes Warten und Aktualisieren von Wissensgraphen, ist aufgrund der abzubildenden Datenmengen nicht praktikabel. Bei einer maschinellen automatisierten Konstruktion sind insbesondere zwei Anforderungen problematisch:

1. Das Verarbeiten von unstrukturierten Eingaben, wie z. B. natürlichsprachlichen Texten.

2. Effizientes Eingliedern neuer Informationen in einen bestehenden Wissensgraphen. Dieses Eingliedern von Informationen umfasst im Speziellen:

    - **Entity Resolution:** Hinzukommende Entitäten, die bereits im Graphen enthalten sind, müssen als Duplikate erkannt werden. Dies ist i. d. R. nicht trivial, da die selbe Entität durch viele verschiedene, oftmals vom Kontext abhängige, Token repräsentiert werden kann; z. B. *Bob* vs. *Robert* oder *Der Papst* vs. *Franziskus*.

    - **Link Prediction:** Hinzukommende Entitäten müssen mit bereits bestehenden Entitäten in Relation gesetzt werden. Hinzukommende Relationen können zudem benutzt werden um andere Relationen zu inferieren; z. B.

$$female(A) \wedge B \xrightarrow{\text{son of}} A \implies A \xrightarrow{\text{mother of}} B$$

Die Kombination dieser beiden Anforderungen ist interessant, da das meiste verfügbare Wissen in natürlichsprachlicher Textform vorliegt und zudem permanent neues Wissen entsteht. Ein automatisiertes Wissensgraphkonstruktionsverfahren, welches beide Anforderungen berücksichtigt, ist daher in diversen Domänen von Nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Auswertung von Kommunikationsdaten aus E-Mails oder Chat-Nachrichten mit dem Ziel die sozialen Beziehungen und Intentionen der Kommunikationpartner zu ermitteln.

1.2 Ziele der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, ein Verfahren zu finden, welches das soeben beschriebene Problem der automatisierten Wissensgraphkonstruktion für E-Mail-Daten löst. Konkret sei ein Stream von E-Mails gegeben, denen jeweils ein Inhalt, ein Absender, eine Menge von Empfängern und ggf. weitere Metadaten, wie z. B. Absendezeit, Absendeort oder IP-Adresse, zugeordnet ist. Die Nachrichteninhalte werden der Einfachheit halber als ausschließlich englischsprachig angenommen. Außerdem wird eine, für E-Mails und andere Kurznachrichten typische, eingeschränkte Sprachkomplexität angenommen. Die Nachrichten sollen nacheinander in das zu konstruierende System eingefügt werden, welches sukzessive einen Wissensgraphen daraus erzeugt.

Für diese Erzeugung muss eine Reihe von Teilproblemen gelöst werden:

1. **Onotologie:** Spezifikation einer Wissensgraphontologie, die mächtig genug ist, um die Diversität natürlichsprachlich beschriebener Informationen abzubilden.

2. **Repräsentation:** Spezifikation der maschinellen Repräsentation des Wissensgraphen.

3. **Sprachverarbeitung:** Finden eines Verfahrens, welches die natürlichsprachlichen Inhalte der Nachrichten in eine für die Wissensgraphkonstruktion geeignete Form bringt.

4. **Grapherweiterung:** Finden eines Verfahrens, um eine eintreffende Nachricht in den bestehenden Wissensgraphen einzufügen.

Das aus den Teillösungen zusammengesetzte Verfahren muss, neben der offensichtlichen Anforderung einen Wissensgraphen zu konstruieren, zudem folgende technische Anforderungen erfüllen:

1. **Erweiterbarkeit:** Es sollen Schnittstellen eingeplant sein, um neben der Sprachverarbeitung auch andere Verarbeitungsverfahren, z. B. für Bilder, hinzufügen zu können. Die Graphontologie, Graphrepräsentation und das Grapherweiterungsverfahren dürfen also nicht zu sehr auf die Struktur natürlicher Sprache zugeschnitten sein.

2. **Parallelisierbarkeit:** Das Verfahren soll in der Lage sein die Rechenleistung mehrerer Prozessorkerne zu nutzen. Diese Anforderung betrifft insbesondere das Grapherweiterungsverfahren.

1.3 Aufbau der Arbeit

Kapitel 2

Kapitel 3

Kapitel 4

Kapitel 5

Kapitel 6

2 Verwandte Arbeiten

Die in 1.2 beschriebenen Ziele werden bereits seit langem erforscht. Der Begriff *Wissensgraph* wurde 2012 durch Google popularisiert, die Ideen dahinter lassen sich allerdings bis ins Ende des 19. Jahrhunderts zurückverfolgen. Dieses Kapitel zeigt auf, wie sich die Themen dieser Arbeit in die bisherige Forschung einfügen. 2.1 ordnet das Konzept des Wissensgraphen in die Entwicklungsgeschichte der Wissensrepräsentation ein. 2.2 beschreibt die aktuell verwendeten Verfahren zur Konstruktion von Wissensgraphen. In 2.3 wird schließlich ein Überblick über die momentan verbreiteten NLP (*natural language processing*) Werkzeuge gegeben.

2.1 Ansätze zur Wissensrepräsentation

2.1.1 Logische Grundlagen

Begriffsschrift (1879)

Existential Graphs (1882)

Prädikatenlogik (1908)

2.1.2 Entwicklung maschineller Wissensrepräsentation

General Problem Solver (1959)

Expertensysteme (1970)

Conceptual Graphs (1976)

2.1.3 Aktuelle Wissensrepräsentationsansätze

Semantic Web

NELL

Google Knowledge Graph

2.2 Konstruktionsansätze für Wissensgraphen

2.3 NLP Werkzeuge

3 Theoretische Grundlagen

4 Vorgeschlagenes Wissensgraph-konstruktionsverfahren

5 Auswertung

5.1 Testmethode

5.2 Ergebnisse

6 Zusammenfassung

Anhang

A

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Erklärung zur Bachelorarbeit

Ich, Clemens Damke (Matrikel-Nr. 7011488), versichere, dass ich die Bachelorarbeit mit dem Thema *Probabilistische online Wissensgraphkonstruktion aus natürlicher Sprache* selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die ich anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen habe, wurden in jedem Fall unter Angabe der Quellen der Entlehnung kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für Tabellen, Skizzen, Zeichnungen, bildliche Darstellungen usw. Die Bachelorarbeit habe ich nicht, auch nicht auszugsweise, für eine andere abgeschlossene Prüfung angefertigt. Auf § 63 Abs. 5 HZG wird hingewiesen.

Paderborn, 29. August 2017

Clemens Damke