

Einführung in die Künstliche Intelligenz

Assignment 3

English version below in section 2

1. Deutsch

Das ist das dritte bewertete Assignment von vier Assignments. Mit diesem Assignment können maximal **30 Punkte (= 3 Bonuspunkte für die Prüfung)** gesammelt werden. Für die Programmieraufgaben in Prolog bitte eine .pl (Prolog) oder .swinb (Swish Notebook) Datei einreichen. Für Antworten auf andere Aufgaben können Kommentare reichen Sie bitte eine separate PDF-Datei ein. Bitte keine Formate wie Word o.ä. einreichen. Verpacken Sie ihre Dateien als .zip Datei. Wenn Sie die Lösung über den VC-Kurs einreichen, reicht es wenn eine Person pro Gruppe die Lösung hochlädt. Stellen Sie außerdem sicher, dass Sie die Prozeduren im Code wie vorgegeben benennen. Andernfalls können wir sie möglicherweise nicht zuordnen.

Dieses Assignment deckt verschiedene Themen ab: Sematische Netze, Prädikatenlogik, Resolution and Prolog.

Domänenbeschreibung

In dieser Aufgabe untersuchen wir das Klassensystem des Universums von *World of Warcraft*. Zur Vereinfachung konzentrieren wir uns nur auf einige Klassen und nicht auf alle Regeln und Aspekte des Spielsystems. Bitte verwenden Sie nur die in dieser Aufgabe bereitgestellten Informationen und keine externen Quellen.

Hinweis: Für die Einfachheit der Darstellung nutzt die Deutsche Variante das generische Maskulinum. Sie können die Aufgaben in allen Geschlechtern umsetzen oder alternativ die englischen Begriffe nutzen, die geschlechtsneutral sind.

Klassen und ihre Rollen

Es gibt sechs verschiedene Klassen, die ein Charakter haben kann. Jede hat unterschiedliche Kampfrollen und bezieht ihre Kraft aus unterschiedlichen Arten von Magie:

- **Todesritter** sind mächtige Nahkämpfer, die auch Zauber wirken können und als Tanks fungieren. Sie beziehen ihre Kraft aus **Frost-** und **Schattenmagie**.
- **Paladine** sind heilige Krieger, die im Nahkampf glänzen, Verbündete heilen können und als schützende Tanks dienen. Sie nutzen die Kraft der **Lichtmagie**.
- **Priester** sind engagierte Zauberwirker und Heiler, die sowohl **Licht-** als auch **Schattenmagie** beherrschen.
- **Dämonenjäger** sind agile Nahkämpfer, die ihre Kampffähigkeiten durch Zauberei ergänzen. Sie nutzen gefährliche **dämonische Magie**.
- **Magier** sind reine Zauberwirker, die drei Magiearten beherrschen: **Arkan**, **Frost** und **Feuer**.
- **Schamanen** sind naturverbundene Zauberwirker, die ihre Verbündeten heilen können. Sie beziehen ihre Kraft aus der **Naturmagie**.

Charaktere und ihre Fraktionen

Wir betrachten mehrere Charaktere aus unterschiedlichen Fraktionen:

- **Mitglieder der Allianz:** Thassarian (Todesritter), Tyrande (Priesterin), Jaina (Magier).
- **Mitglieder der Horde:** Liadrin (Paladin), Voljin (Schamane), Sylvanas (Todesritter).
- **Neutrale Charaktere:** Thrall (Schamane), Illidan (Dämonenjäger).

Das Fraktionssystem erzeugt natürliche Einschränkungen bei der Teamzusammenstellung, da Mitglieder der Allianz und Horde traditionell nicht zusammenarbeiten können, während neutrale Charaktere sich beiden Seiten anschließen können.

Aufgabe 1: Design eines semantischen Netzes (6 Punkte)

☞ Entwerfen Sie ein semantisches Netz basierend auf der obigen Domänenbeschreibung. Sie können beliebige geeignete Beziehungsetiketten verwenden. Es muss Folgendes enthalten:

- Klassen
- Kampfrollen (z. B. Nahkampf oder Zauberwirker)
- Zugehörigkeit zu Magieschulen (z. B. Licht oder Natur)
- Fraktionen
- Instanzen für jeden Charakter mit ihrer Fraktions- und Klassenzugehörigkeit

Hinweis: In Aufgaben der Wissensrepräsentation gibt es nicht die eine perfekte Lösung. Achten Sie auf ein sinnvolles Detaillierungsniveau. Sie können die Beziehungen **is-a**, **is-instance** oder **has-a** verwenden, aber auch andere geeignete Labels.

Aufgabe 2: Prädikatenlogik erster Stufe (6 Punkte)

In dieser Aufgabe sollen Sie die Domäne mithilfe von FOL (First-Order Logic) darstellen.

- ☞ Erstellen Sie Prädikate, die die Informationen aus der Domäne beschreiben. Sie müssen Klasse, Kampfrollen, Magiequelle und Fraktionszugehörigkeit eines Charakters deklarieren können. Geben Sie jeweils die Interpretation \mathcal{I} an.
- ☞ Die Prädikate alleine beschreiben noch nicht die Semantik der Domäne. Erstellen Sie FOL-Formeln, die aussagen, dass jede Klasse bestimmte Kampfrollen und Magiequellen mit sich bringt und dass jeder Charakter eine Klasse hat.
- ☞ Repräsentieren Sie die Informationen der Charaktere als FOL-Formeln.
- ☞ Formulieren Sie folgende Aussagen als FOL-Formeln:

Aussage 1 Wenn ein Charakter heilen kann, dann bezieht er seine Kraft entweder aus Licht- oder Naturmagie.

Aussage 2 Es existiert ein Charakter, der mehrere Magieschulen nutzt (mehr als eine) und im Nahkampf kämpfen kann.

Aufgabe 3: Umformung in Klauselform (4 Punkte)

(Falls Sie Aufgabe 2 nicht lösen konnten, verwenden Sie die Informationen in Anhang A.)

- ☞ Wandeln Sie die Regel aus Aufgabe 2 über Magier (Kampffrollen und Magiequellen) in Klauselform um.
- ☞ Wandeln Sie die **negierte Aussage 2** aus Aufgabe 2 in Klauselform um.

Aufgabe 4: Resolution mit Refutationsbäumen (4 Punkte)

(Falls Sie Aufgabe 2 nicht lösen konnten, verwenden Sie die Informationen in Anhang B.)

- ☞ Beweisen Sie **Aussage 2** aus Aufgabe 2 mit Resolution. Verwenden Sie dazu die Klauseln aus Aufgabe 3. Zeigen Sie in Ihrer Lösung:
 - Auswahl passender Klauseln
 - Aufbau des Widerlegungsbaums
 - Alle Resolutionsschritte und Substitutionen

Aufgabe 5: Prolog-Implementierung (10 Punkte)

In dieser Aufgabe implementieren Sie die Warcraft-Domäne in Prolog. Sie können die Online-Umgebung SWISH verwenden (<https://swish.swi-prolog.org/>) oder Prolog lokal installieren (<https://www.swi-prolog.org/Download.html>). Die Repräsentation muss nicht identisch zu FOL aus Aufgabe 2 sein.

- ☞ Schreiben Sie Prolog-Fakten für alle Charaktere, inklusive Klasse und Fraktionszugehörigkeit.
- ☞ Implementieren Sie Regeln für:
 - Kampffrollen pro Klasse (Nahkampf, Zaubern, Heilen, Tanken)
 - Magiearten pro Klasse

Im folgenden möchten wir nun valide Teams von 4 Charakteren überprüfen oder generieren. Ein Team soll in Prolog als Liste von Charakteren mit ihren Rollen repräsentiert werden, z.B.

`[[healer, thrall], [tank, thassarian], [spellCaster, illidan], [melee, tyrande]].`

Ein gültiges Team muss folgende Kriterien erfüllen:

- Keine Allianz- und Hordenmitglieder zusammen
 - Team muss **alle vier Kampffrollen** abdecken:
 - Nahkämpfer
 - Zauberwirker
 - Tank
 - Heiler
 - Jeder Charakter im Team übernimmt genau **eine** Rolle
- ☞ Implementieren Sie dafür folgende Hilfsprädikate:
 - `fraktionKompatibel(CharakterA, CharakterB)` – prüft Fraktionskompatibilität für zwei Charaktere
 - `fraktionKompatibel(Charaktere)` – prüft Fraktionskompatibilität für eine Liste von Charakteren
 - `verfuegbarFuerRolle(Charakter, Rolle, Team)` – prüft ob die Rollenzuweisung im Team noch möglich ist
 - ☞ Implementieren Sie `ausbalanciertesTeam(Team)`, welches ein gültiges Team mit folgenden Kriterien überprüft oder findet. Sie müssen gegebenenfalls weitere Hilfsprädikate definieren.

2. English

This is the third graded assignment of four assignments. With this assignment you can collect a maximum of **30 points (= 3 bonus points for the exam)**. For the coding tasks in Prolog hand in a .pl (Prolog) or .swinb (Swish Notebook) file. For other tasks, submit a separate PDF file. Please do not hand in formats like Word or the like. When you hand in the solution via the VC course, it is sufficient to make one upload per group (one person per group). Also make sure that you name the procedures in the code as requested; otherwise we might not be able to match them.

This assignment covers various topics: Semantic networks, First Order Logic (FOL), Resolution and Prolog.

Domain Description

In this Assignment we will explore the class system of the World of Warcraft universe. For simplicity we will focus only on some classes and not all of their rules and aspects of the game system. Please only use the information provided in this assignment and do not use any external sources.

Classes and their Roles

There are six distinct classes a character can have, each has different combat roles and draws their power different kinds of magic:

- **Death Knights** are powerful melee combatants who can also cast spells and serve as tanks. They draw their power from **frost** and **shadow** magic.
- **Paladins** are holy warriors who excel in melee combat, can heal allies, and serve as protective tanks. They channel the power of **light** magic.
- **Priests** are dedicated spellcasters and healers who wield both **light** and **shadow** magic.
- **Demon Hunters** are agile melee fighters who supplement their combat skills with spell casting. They use dangerous **demonic** magic.
- **Mages** are pure spellcasters who master three types of magic: **arcane**, **frost**, and **fire**.
- **Shamans** are nature-aligned spellcasters who can heal their allies. They draw their power from **nature**.

Characters and their Factions

We consider several characters from different factions:

- **Alliance members** include Thassarian (Death Knight), Tyrande (Priest) and Jaina (Mage).
- **Horde members** consist of Liadrin (Paladin), Voljin (Shaman), and Sylvanas (Death Knight).
- **Neutral characters** like Thrall (Shaman) and Illidan (Demon Hunter) maintain independence from both major factions.

The faction system creates natural team formation constraints, as Alliance and Horde members traditionally cannot cooperate, while Neutral characters can side with either faction.

Task 1: Semantic Network Design

(6 points)

☞ Design a semantic network based on the domain description provided above. You can use any appropriate relationship labels. It must include:

- Classes
- Combat roles (e.g. melee or spellcasting)
- Magic school associations (e.g. light or nature)
- Factions
- Instances for each character, with their faction and class membership

Note: In tasks of Knowledge Representation, there is not one perfect solution. Please think of an appropriate level of detail. You may use the **is-a**, **is-instance** or **has-a** relationship labels, but you may also use other labels.

Task 2: First-Order Logic Formulation

(6 points)

In this task, you should represent the domain using FOL. You may use a similar structure as in the semantic network, but that is not required.

- ☞ First, create the relevant predicates. Keep it simple and consistent. You must be able to declare the class, the combat abilities, magic schools/power source and faction of a character. Provide the interpretation \mathcal{I} for each predicate.
- ☞ The predicates alone do not cover the semantics of the domain description. Each character must have one of the classes, and given their class a character has specific combat abilities or power sources. Create FOL formulas to represent this information.
- ☞ Now express the character information in the domain description as FOL formulas.
- ☞ Finally, formulate FOL formulas for the following statements:

Statement 1 If a character can heal, they draw their power either from light or nature magic.

Statement 2 A character exists who uses multiple magic schools (> 1) and can wield melee.

Task 3: Clause Form Transformation

(4 points)

(If you could not complete Task 2, use the information in Appendix A.)

- ☞ Transform the rule from Task 2, you created to define the combat roles and power sources of the **mage** class into clause form (a set of disjunctions of literals).
- ☞ Convert the negated **Statement 2** from Task 2 to clause form.

Task 4: Resolution with Refutation Trees

(4 points)

(If you could not complete Task 2, use the information in Appendix B.)

- ☞ Prove **Statement 2** from Task 2 using resolution. You need to reuse the clauses from Task 3.

- Select appropriate clauses
- Build the refutation tree step by step
- Show all resolution steps and substitutions

Task 5: Prolog Implementation

(10 points)

In this last task, you will implement the Warcraft domain in Prolog. You can use the SWISH Prolog online environment (<https://swish.swi-prolog.org/>) or locally on your computer (<https://www.swi-prolog.org/Download.html>). It is not required that the knowledge representation structure is equal to the FOL-tasks.

- ✎ Write Prolog facts for all characters mentioned in the domain description, including their class and faction membership.
- ✎ Implement Prolog rules that define:
 - What combat roles each class can perform (melee, spells, healing, tanking)
 - Which kinds of magic each class draws their power from.

In the following, we want to validate or generate valid teams of 4 characters. A team should be represented in Prolog as a list of characters with their roles, e.g.

`[[healer, thrall], [tank, thassarian], [spellCaster, illidan], [melee, tyrande]].`

A valid team must meet the following criteria:

- **Faction Compatibility:** Alliance and Horde members cannot be on the same team (Neutral characters can join either faction)
- **Balanced Team:** Each team must have all four essential combat roles covered:
 - **Melee**
 - **Spell Caster**
 - **Tank**
 - **Healer**
- **Single Role Constraint:** Each character can only fulfill ONE role per team

- ✎ Create the following predicates that will be essential for team formation:
 - `factionCompatible(CharacterA, CharacterB)` - checks if two characters can be on the same team
 - `factionCompatible(Characters)` - checks if a list of characters can be on the same team
 - `availableForRole(Character, Role, Team)` - checks if Character can fill Role without conflicting with existing Team assignments
- ✎ Implement a Prolog rule `balancedTeam(Team)` that finds or verifies valid balanced teams. You may need to define additional helper predicates.

Appendix - Abstract Domain Fallbacks

A. CNF Transformation (Alternative Domain for Task 3)

Deutsch: Wenn Sie Aufgabe 2 nicht fertigstellen konnten, nutzen sie diese Abstrakte Domäne für die CNF Transformation:

English: If Task 2 was not completed, use this abstract domain for CNF transformation:

Rules:

1. $\forall x (Entity(x) \rightarrow Class1(x) \vee Class2(x) \vee Class3(x))$
2. $\forall x (Class1(x) \rightarrow Property1(x) \wedge Property2(x) \wedge Ability1(x))$
3. $\forall x (Class2(x) \rightarrow Property1(x) \wedge Property3(x) \wedge Ability2(x) \wedge Ability3(x))$
4. $\forall x (Class3(x) \rightarrow Property2(x) \wedge Property4(x) \wedge Ability1(x) \wedge Ability3(x))$

valuations that evaluate to \top (also called facts):

- $Entity(constant1), Class1(constant1)$
- $Entity(constant2), Class2(constant2)$
- $Entity(constant3), Class3(constant3)$

Statement:

- $\exists x (Ability1(x) \wedge Ability3(x))$

Transform the rule for Class1, and the negated Statement into clause form.

B. Resolution (Alternative Domain for Task 4)

Deutsch: Mit den Klauseln aus Anhang A beweisen Sie die Aussage $\exists x (Ability1(x) \wedge Ability3(x))$ mit Resolution.

English: Using the clauses from appendix A, prove the Statement $\exists x (Ability1(x) \wedge Ability3(x))$ using resolution.