



BOSCH
Technik fürs Leben



Duale Hochschule
Baden-Württemberg

Konzept und Implementierung einer KI für das Rundenstrategiespiel Pummelz

Dokumentation

Bachelor of Science

des Studiengangs Informatik

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Stuttgart

von

NobleSweetPaprika

19.05.2022

Bearbeitungszeitraum
Matrikelnummer, Kurs
Ausbildungsfirma
Betreuer

07.02.-19.05.2022
8366074, 2746235, TINF19ITA
Robert Bosch GmbH, Stuttgart
Prof. Dr. Falko Kötter

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
1 Einleitung	1
2 Entwurf	2
3 Implementierung und Iteration	5
4 Evaluation	9
Anhang	A

Abbildungsverzeichnis

2.1	Konzept eines Decision Trees zur Pummelz-Command-Entscheidung	3
3.1	Klassendiagramm der vollständigen Implementierung	5
3.2	Funktion zur Bewertung der Anzahl der möglichen Ziele	6
4.1	Angriff auf Bummz schadet wichtigen Einheiten	9
4.2	Spiel wird durch das Töten des Königs gewonnen	9
4.3	Flächeneffekte zu hoch bewertet - Sneip kann nicht aus seiner Ecke	10
4.4	Alle Sneips haben Ziel und keine Angreifer - Tanks an der Front	10

1 Einleitung

Es ist ein in Unity und C# implementiertes Rundenstrategiespiel („Pummelz“) gegeben, in dem ähnlich wie beim Schach zwei Spieler mit blauen und roten Figuren gegeneinander antreten. Diese Spielfiguren haben dabei, jedoch unterschiedliche Lebens- und Angriffswerte und können sich anhand ihrer gegebenen Reichweite beliebig bewegen. Zusätzlich besitzen einige Einheiten Spezialfähigkeiten, welche durch unterschiedliche Ereignisse ausgelöst werden können.

Ziel des Programmentwurfs ist es, ein KI zu entwickeln, welche eine bereits vorhandene Greedy-KI in jeglichen Spielszenarien schlägt und eine sehr hohe Spielstärke erreicht. Zudem soll die KI in der Lage sein, auch mit unbekannten Spielfiguren und Szenarien zu spielen. Hierzu soll eine passender Entwurf erstellt und umgesetzt werden. Im nächsten Schritt sollen die konzeptionierten Algorithmen und Funktionen überarbeitet und mittels mehrerer Iterationsschritten verbessert werden. Zuletzt soll eine Evaluierung der implementierten KI sowie deren Spielstärke durchgeführt werden.

2 Entwurf

Zu Beginn des Entwurfs wurden sich die folgenden strategischen Grundlagen überlegt. Diese dienen als Grundlage der KI und ihr Handeln in bestimmten Situationen.

- Wenn ein Czaremir (König) im Spiel ist muss sein Überleben jede Runde garantiert werden, da sein Tod das Spiel beendet. Im Gegenzug sollte der gegnerische priorisiert angegriffen werden, um einen schnellen Sieg erzwingen zu können.
- Viel hilft viel: in jedem Zug muss mit jeder Figur angegriffen werden die kann. **Außnahme** sind Angriffe auf:
Bummz wenn er einem selbst mehr Schaden als dem Gegner zufügt
Chilly wenn er nicht „Oneshot“ ist
- Schaden den der Gegner austeilen kann minimieren:
 - Schaden auf einen Gegner zu konzentrieren lohnt sich mehr als Schaden auf mehrere Gegner zu verteilen, da so Schaden in der nächsten Runde vermieden werden kann.
 - Gegner müssen anhand ihrer Eigenschaften klassifiziert werden. Gegner die mehr Schaden austeilen sind früher zu töten, da auch hier Schaden in der nächsten Runde vermieden werden kann
 - Die KI soll unbedingt die Reichweite der eigenen Einheiten ausnutzen. So soll die Anzahl der gegnerischen Einheiten, die eigene Einheit mit großer Reichweite angreifen kann, gering gehalten werden.
 - Bummz sich in die Richtung der Gegner und weg von den eigenen Einheiten bewegen.
- Einheiten mit geringer Reichweite und hohen Lebenspunkten als „Tanks“ einsetzen, um andere Einheiten zu schützen.
- Einheiten passend gruppieren, sodass Einheiten mit Flächeneffekten (Buffy, Haley) möglichst viele Einheiten um sich stehen haben.

- **ABER:** Aufpassen, dass möglichst viele eigene Einheiten angreifen können, um keine Blockade zu erzeugen und Schaden zu „verlieren“

Als grundlegendes Konzept soll ein Decision Tree konzipiert werden, welcher anhand der Spielsituation eine Entscheidung über den Spielzug der jeweiligen Spielfigur trifft. Hierbei wird eine Unterscheidung zwischen einem Angriff und einer Bewegung getroffen. Der Angriffsentscheidung liegen drei Abfragen zu Grunde: Kann eine gegnerische Einheit „geoneshotted“, getötet oder angegriffen werden. Diese werden in der angegebenen Reihenfolge durchlaufen. Beim Zutreffen des Ereignisses soll dann ein Angriff durchgeführt werden. Die Entscheidung bei mehreren möglichen Einheiten erfolgt über eine festgelegte Hierarchie.

Ein Bewegungszug hat die folgenden beiden Möglichkeiten: Wurden zuvor mehrere Züge ohne einen Angriff vollzogen, so läuft die Einheit aggressiv auf die nächste gegnerische Einheit zu. Ist dies nicht der Fall soll eine Standard-Bewegung ausgeführt werden, bei der die Einheit im besten Fall eine andere angreifen und von keiner gegnerischen Einheit angegriffen werden kann.

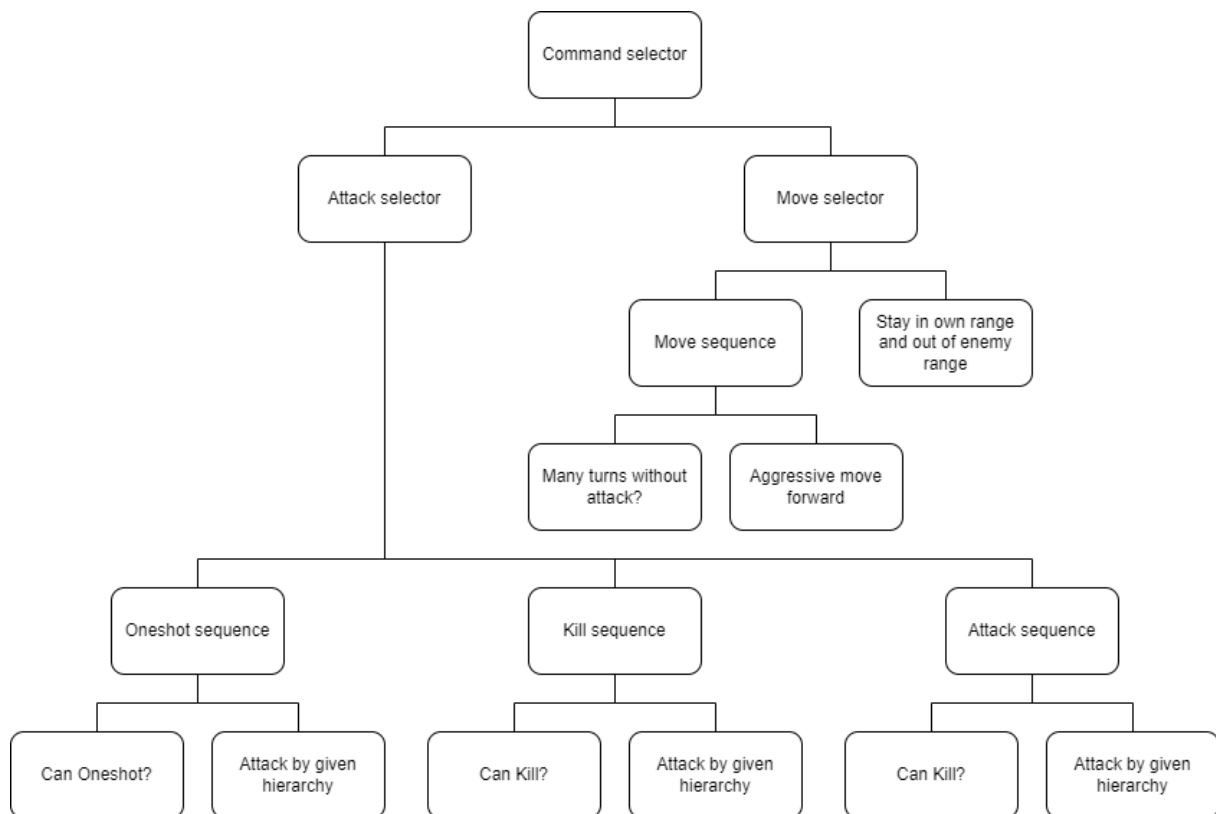


Abbildung 2.1: Konzept eines Decision Trees zur Pummelz-Command-Entscheidung

Aufbauend auf diesem standardmäßigen Decision Tree sollen weitere Decision Trees erstellt werden, die auf die Eigenschaften und Spezialfähigkeiten der einzelnen Einheiten

zugeschnitten sind und beim Zug der entsprechenden Einheit anstatt des Standard Decision Trees aufgerufen werden. So ist beispielsweise das Ziel von Bummz von den eigenen Einheiten weg in die gegnerischen zu Rennen. Sneip, Killy und Ängli hingegen sollen sich möglichst weit von gegnerischen Einheiten platzieren, um so wenig wie möglich Gefahr ausgesetzt zu sein.

Lieblingspummli: Mampfred (Spirit Animal - Fähigkeit die nichts kann)

3 Implementierung und Iteration

Zu Beginn unseres Spielzuges wird innerhalb des AIPlayerControllers über jede Einheit auf dem Spielfeld gelooped. Hierbei wird für jede Einheit der MGPumDecisisonTreeManager aufgerufen. Innerhalb des Managers wird anhand des Namens der Einheit der jeweilige DecisionTree aufgerufen, um einen Zug zu ermitteln. Falls für die Einheit kein spezieller DecisionTree umgesetzt wurde, wird auf einen DefaultTree zurückgegriffen. Der ermittelte Zug wird dann zurückgegeben und ausgeführt.

Das Grundgerüst legt dabei die abstrakte Klasse MGPumDecisionTree. Dies enthält alle wichtigen Funktionen, wie beispielsweise das Ermitteln aller Angriffszüge und Bewegungen oder des kürzesten Weg zwischen zwei Feldern. Alle DecisionTrees werden später von diesem abgeleitet.

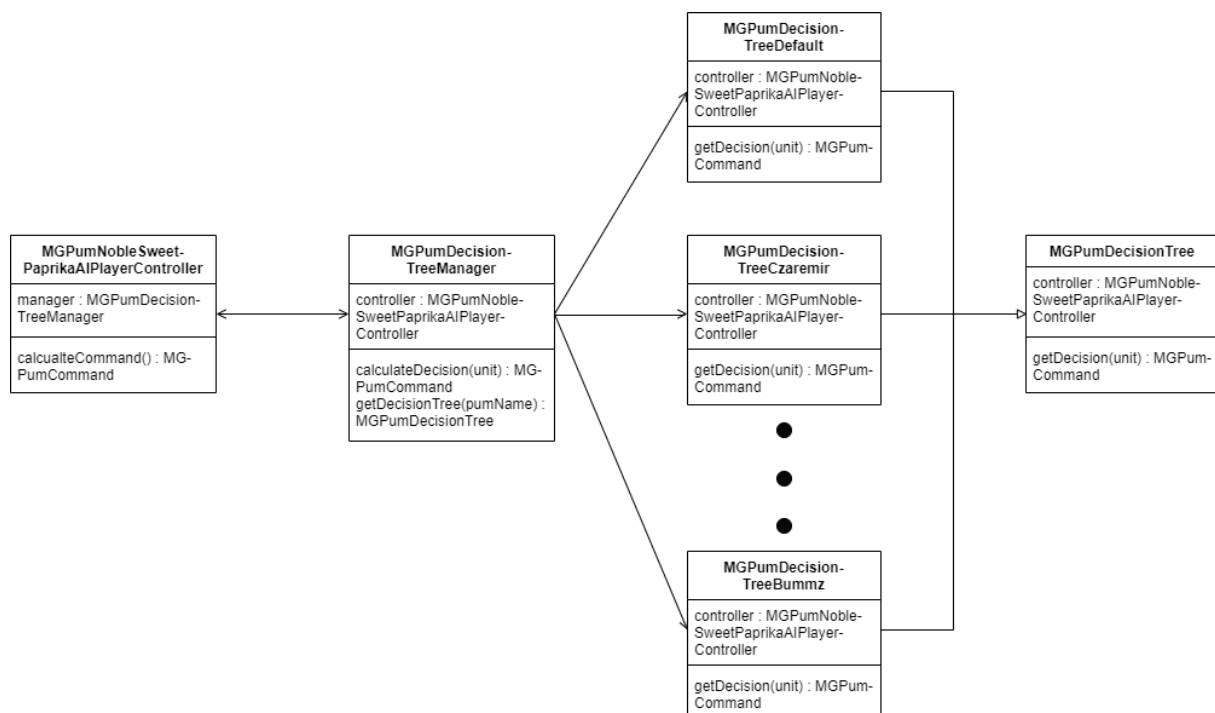


Abbildung 3.1: Klassendiagramm der vollständigen Implementierung

Das standardmäßige Angreifen erfolgt nach folgendem Ablauf. Im ersten Schritt werden mit Hilfe der Angriffsreichweite der Einheit alle möglichen Ziele und die Angriffszüge zu diesen ermittelt. Nun wird für jedes Ziel berechnet, ob dieses durch den Angriff stirbt. Es ergibt sich eine Liste aller besiegbaren Einheiten. Ist keine Einheit mit einem einzelnen Angriff besiegbare, wird für jeden möglichen Angriff innerhalb des Zuges untersucht, ob durch Kombination der Angriffe verschiedener Einheiten die gegnerische Einheit dennoch besiegt werden kann. Die resultierende Liste wird nun mit dem `MGPumAttackCommandComparerKill` sortiert. Wird keine zu tötende Einheit gefunden, wird die Liste aller angreifbaren Einheiten und der `MGPumAttackCommandComparerAttack` verwendet. Die im Spiel enthaltenen Einheit befinden sich hier in einer Hierarchiestruktur und bekommen eine Punktzahl, oder eine Funktion die diese berechnet, zugeordnet. Der Comparer vergleicht nun alle möglichen Ziele und sortiert diese nach dem besten Zug. Dieser kann dann ausgelesen und ausgeführt werden.

Das standardmäßige Laufen erfolgt nach einem ähnlichen Ablauf. Im ersten Schritt werden mit Hilfe der Bewegungsreichweite der Einheit alle möglichen Felder zu denen sich die Einheit bewegen kann ermittelt. Um das bestmögliche Zielfeld zu ermitteln, wird ein `MGPumMoveComparer` verwendet. Dieser berechnet für jedes Feld eine Bewertung. Das Grundprinzip ist dabei genau eine gegnerische Einheit in Angriffsreichweite zu haben und von keiner Einheit angegriffen werden zu können. Hierzu wurde folgende Bewertungsfunktion eingesetzt:



Abbildung 3.2: Funktion zur Bewertung der Anzahl der möglichen Ziele

Diese wurde so angepasst, dass ein Ziel die beste Bewertung erhält und zwei Ziele immer noch besser als kein Ziel zu bewerten ist, um ein zu passives Spielen zu verhindern. Von diesem Wert wird dann noch die Anzahl der Angreifer in Reichweite abgezogen. Auch diese Bewegungen werden anhand ihrer Bewertung sortiert und die beste davon ausgeführt. Falls die gegnerischen Einheiten zu weit entfernt sind und jede Bewegung gleich bewertet wird, werden Züge, welche sich in Richtung gegnerischer Einheiten bewegen, leicht präferiert.

1. Iteration: Anpassung für Czaremir (How do you even pronounce that?)

Nach einigen Spielbeobachtungen lässt sich erkennen, dass der Czaremir aufgrund des DefaultTrees oft zu aggressive Bewegungen durchführt, sich zu nah an Gegnern positioniert und deshalb unnötigen Schaden nimmt. Dementsprechend wird für ihn ein separater DecisionTree implementiert, welcher ihn passiver spielen lässt. Das bedeutet, dass Felder mit weniger Angreifer noch besser bewertet werden.

2. Iteration: Anpassung für Range/Melee-Einheiten

Nach weiteren Beobachtungen lässt sich erkennen, dass das allgemeine Verhalten zu passiv ist. Vor allem für Einheiten mit kleiner Angriffsreichweite lohnt es sich nicht sein Ziel auf 1 zu beschränken. Geht man davon aus, dass der Gegner ebenfalls versucht mit jeder möglichen Einheit anzugreifen, lässt sich allgemein sagen, dass das aggressivere spielen der Melee-Einheiten sinnvoller ist. Außerdem lässt sich so die im Konzept überlegte Blockade umsetzen, welche das Schützen von Range-Einheiten ermöglicht. Hierfür wird Anzahl der Angreifer zur Bewertung hinzugefügt statt abgezogen. Zudem wird die Positionierung bei eigenen Einheiten belohnt, um als Kanonenfutter Angriffe zu blocken.

3. Iteration: Anpassung für Bummz

Für die Bummz Einheit lässt sich schnell erkennen, dass eine passive Strategie sehr schlecht ist, da bei einer Explosion dem eigenen Team sehr viel Schaden zugefügt wird. Aus diesem Grund muss hier die Bewertung umgedreht werden. Felder sind dann gut bewertet, wenn wenig eigene und viele gegnerische Einheiten neben Bummz stehen. So kann seine Fähigkeit genutzt werden, um noch mehr Schaden am Gegner anzurichten.

Auch im Sinne der Angriffsbewertung wurde die Fähigkeit von Bummz beachtet. In der Hierarchie der Einheiten erhält Bummz nun keinen festen Wert mehr sondern eine Funktion, welche den Angriff an der momentanen Stelle bewertet. Diese setzt sich zusammen aus dem

verteilten Schaden an eigenen und gegnerischen Einheiten, wobei hier die Hierarchie der Einheiten und die mögliche rekursive Auslösung von anderen Bomben mit einbezogen wird. So erhält man je nach Feld und Spielstand eine individuelle Bewertung des Angriffes.

4. Iteration: Anpassung für Draw

Nach 50 Zügen ohne Angriff erreicht das Spiel den Draw-Zustand. Ein Draw zeugt jedoch nicht von einer hohen Spielstärke und sollte vermieden werden. Deshalb soll zusätzlich zum DecisionTree nach 20 Zügen ohne Angriff das Zulaufen auf gegnerische Einheiten belohnt werden. Um sicherzustellen, dass Czaremir nicht unnötig an der Front steht, läuft dieser erst nach 30 Zügen Richtung Gegner.

5. Iteration: Anpassung für Buff-Einheiten

Buff-Einheiten haben eine spezielle Fähigkeit, welche ihre oder die Eigenschaften von Team-Mitgliedern verbessert. Um diese aktivieren zu können müssen diese direkt neben anderen Einheiten stehen. Der DecisionTree wird dementsprechend angepasst, dass ein Feld neben eigenen Einheiten eine bessere Bewertung erhält als Felder ohne. Im Falle von Haley und Buffy werden hierbei alle eigenen Einheiten mit einbezogen. Da Links nur eigene Links verstärken werden hierfür auch nur die andere Links betrachtet.

4 Evaluation

Insgesamt kann man sagen, dass die KI eine gut Spielstärke aufweist. Sie besiegt in allen Ausgangssituation die vorgegeben Greedy-KI, egal ob auf der startenden Seite oder auch nicht. Auch gegen einen echten Gegner stellt sie sich gut an und kann diesen besiegen.

Bewertungsfunktionen

Die Bewertungsfunktion der Angriffe funktioniert im Großen und Ganzen sehr gut. Es werden die stärkeren Gegner zuerst angegriffen. Die Überprüfung ob man eine Einheit töten kann ermöglicht es schnell viele Schaden durch den Gegner abzuwenden. Durch die verwendete Hierarchie kommt es häufig zu Situationen in denen relativ schnell die starken Einheiten des Gegners getötet wurden. Auch Siege in denen Czaremir stirbt und einige Einheiten zurücklässt treten nicht selten auf. Eine weitere gut funktionierende Bewertung findet für das Angreifen gegnerischer Bummz statt, diese werden bei ungünstigen Feldern nur sehr selten angegriffen, bei vorteilhaften Positionierungen lassen sich gezielte Angriffe und der daraus entstehende Flächenschaden sehr gut erkennen.



Abbildung 4.1: Angriff auf Bummz schadet wichtigen Einheiten



Abbildung 4.2: Spiel wird durch das Töten des Königs gewonnen

Verbesserungen für die Angriffsbewertung könnten bei der Vergabe der Zahlenwerte angesetzt werden. Diese sind nur grundlegend an die Erkenntnisse der vorhandenen Spielstände angepasst und könnten durch weitere Spielsituationen und Analysen verbessert werden. An dieser Stelle könnte man auch die Konstanten durch Funktionen wie sie bei Bummz, Haley, Buffy und Link zu finden sind für weitere Einheiten ersetzen. Dies würde eine dynamischere Bewertung von Angriffen ermöglichen und so auch bei verschiedenen Spielsituationen eine passende Angriffsentscheidung ermöglichen. Ein Beispiel dafür wäre das allgemein aggressivere Spielen sollte man sich in Führung befinden. Zuletzt könnten einzelne Comparer für jede Einheit geschrieben werden, welche es der KI ermöglicht beispielsweise einen Fokus auf eine ganz bestimmte Einheit zu legen.

Die Bewertungsfunktion der Bewegung ist insgesamt gut gelungen und bildet eine starke Grundlage. Sehr bewegliche Einheiten mit großer Reichweite halten sich schön entfernt und greifen aus großer Distanz an, weshalb sie selten ein Ziel der Gegner sind. Auch die Bewegung der Tanks stellt dafür eine gute Absicherung dar. Außerdem lässt sich sehr oft eine durchdachte Gesamtaufstellung erkennen, welche strukturiert Richtung Gegner zieht.



Abbildung 4.3: Flächeneffekte zu hoch bewertet - Sneip kann nicht aus seiner Ecke



Abbildung 4.4: Alle Sneips haben Ziel und keine Angreifer - Tanks an der Front

Dennoch können Spielsituationen in denen strategisch schlechte Züge ausgeführt werden nicht vollständig vermieden werden. Auch hier wäre eine Bewertung der Bewegung je nach Spielsituation hilfreich. So kann beispielsweise bei Führung eine aggressive Vorwärtsbewegung ausgeführt werden oder auch der König bei wenig übrigen Einheiten aktiviert werden, um sein Schaden auszunutzen anstatt passiv zu spielen. Außerdem kommt es in Spielsituationen mit vielen Einheiten dazu, dass diese sich gegenseitig blockieren und

theoretisch möglicher Schaden oder bessere Positionen verloren gehen. Zudem könnte man die Bewegungsbewertung besser aufteilen, sodass jede Einheit seine eigene Bewertungsfunktion erhält und diese so perfekt auf die Eigenschaften dieser zugeschnitten ist. Hier könnte man dann ebenfalls ein gezielteres Bewegen einführen, welches zum Beispiel stärker Richtung gegnerischem Czaremir orientiert ist, um diesen schneller zu töten. Zuletzt könnte die Bewegung einer Einheit abhängig von dessen momentanen Eigenschaften umgesetzt werden. Hat eine Einheit mehr Angriffskraft oder weniger Lebenspunkt als zuvor, dann ändert sie ihre Bewegung im Bezug auf Aggressivität.

Der KI-Trick

Kombinieren der Angriffskraft vieler einzelner Einheiten, um einen starken Angriff auf einen einzelnen Gegner durchzuführen. Es wird für jede Einheit geschaut, ob mit Hilfe dieser eine andere Einheit noch im selben Zug getötet werden kann. Dadurch ist es möglich seinen Angriff zu sammeln und schnell Einheiten des Gegners zu töten, sodass diese den eigenen Einheiten keinen Schaden mehr zufügen können, also der Gesamtschaden, der auszuhalten ist, reduziert wird.

Testen und Iterieren

Zum Testen und Iterieren der KI wurde wie folgt vorgegangen. Es wurden die einzelnen verfügbaren Startsituationen durchgespielt, wobei der Fokus auf der zuletzt veränderten Einheit lag. Hierbei wurde Schritt für Schritt jede Bewegung und Angriff der Einheit angeschaut und nachvollzogen. Bei Auffälligkeiten oder strategisch schlechten Zügen wurden die Parameter des jeweiligen Zeitpunkts genauer analysiert und im Notfall die exakten Bewertungen berechnet. Anhand der Erkenntnisse wurden dann die Parameter der Bewertung angepasst. Das Erstellen eines neuen DecisionTrees baut auf den DecisionTrees anderer Einheiten sowie der im Konzept überlegten strategischen Grundlagen auf.

Anhang

